

**Pusat Mitigasi Bencana Alam
Universitas Katolik Widya Mandira**

**Jl. Achmad Yani No. 50-52
Telp. (0380) 833395
Kupang - NTT**

Laporan Penelitian

**Kajian Sistem Struktur Rumah Tembok Sederhana
(Non-Engineered Structures) Di Kota Kupang**



**Oleh
Rani Hendrikus
Guido Frans Tabin Uskono**

**Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Katolik Widya Mandira Kupang**

**Jl. Sam Ratulangi V No.11
Telp. 0380-834122, Fax. 0380-834122**

Abstrak

Penelitian Kajian Sistem Struktur Rumah Tembok Sederhana (Non-Engineered Structures) Di Kota Kupang telah dilakukan terhadap 12 bangunan rumah tinggal milik masyarakat di Kelurahan Penfui Kota Kupang. Evaluasi telah dilakukan terhadap kualitas bahan, kualitas konstruksi dan system struktur bangunan dilihat dari aspek bangunan tahan gempa.

Dari kajian menyeluruh terhadap data yang ada disimpulkan bahwa: (1) Para tukang umumnya sudah cukup memiliki pengetahuan tentang bahan bangunan, khususnya agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan besi beton, walaupun masih ditemui beberapa masalah teknis seperti: adanya gab-grading pada agregat kasar, kadar lumpur yang relatif tinggi pada agregat halus, kandungan lumut pada air, serta diameter tulangan utama untuk kolom dan balok yang sebagiannya belum memenuhi persyaratan. (2) Para tukang umumnya menguasai bagaimana menentukan jumlah air yang tepat untuk pekerjaan adukan baik untuk pekerjaan pasangan maupun untuk pekerjaan plesteran. (3) Walaupun pekerjaan beton bertulangan sudah sangat familiar bagi para tukang, namun pengetahuan akan proporsi campuran yang tepat, pengaruh rasio air – semen terhadap mutu beton, dan konsistensi pengendalian proporsi material belum dikuasai dan mendapat perhatian yang cukup. (4) Detail konstruksi beton bertulang yang dihasilkan masih sangat lemah atau jauh dari standar teknis yang berlaku. Kelemahan-kelemahan yang dominan umumnya ditemui pada: panjang pengakuran kolom-pondasi yang sangat minim, tidak tersedianya panjang penyaluran tulangan sloof dan balok ke dalam daerah join, serta jarak sengkang yang umumnya jauh di atas 2 x dimensi lateral kolom/balok. (5) Secara keseluruhan bangunan-bangunan yang ada hanya efektif memikul beban gravitasi. Dengan kata lain system pemikul beban lateral tidak tersedia. Kelemahan yang dominan adalah: tidak adanya angkur antara kolom dengan tembok, bukaan dinding (jendela) yang umumnya melampaui 10 % dari luas bidang tembok, tidak tersedianya rangka pengaku pada daerah bukaan, masih ditemui luas bidang tembok khususnya tembok luar bangunan yang lebih dari 7.5 m², serta mutu pasangan dan plesteran yang melebihi 1sm: 5 psr. Kelemahan kelemahan inilah menyebabkan elemen-elemen dinding yang ada tidak dapat berfungsi efektif dalam memikul beban gempa. Namun cukup dengan melambatkan kolom praktis, balok late dan angkur, bangunan-bangunan tersebut secara prinsip sudah memiliki system struktur pemikul beban lateral yang memadai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Tuhan karena atas bimbinganNya akhirnya penelitian ini dapat diselesaikan. Penelitian ini merupakan penelitian kerja sama antara penulis dengan seorang mahasiswa saudara Guido Trans Tabin Uskono. Penulis menyiapkan konsep penelitiannya dan saudara Guido melakukan survey lapangan. Data penelitian ini digunakan saudara Guido untuk menyelesaikan tugas akhirnya dengan judul *Evaluasi Detail dan Kualitas Elemen Konstruksi Bangunan Non-Engineering Di Kota Kupang*. Sedang dengan data yang sebagian besarnya sama digunakan penulis untuk melakukan penelitian dengan judul *Kajian Sistem Struktur Bangunan Rumah Tembok Sederhana (Non-Engineered Structures) Di Kota Kupang*. Pengembangan yang dilakukan penulis adalah dengan membandingkan system dan detail elemen bangunan yang ada di lapangan dengan pola kegagalan bangunan yang terjadi akibat gempa-gempa di NTT dan Indonesia pada umumnya.

Secara umum laporan penelitian ini disajikan dalam 5 bab. Bab-I pendahuluan yang menggambarkan latar belakang penelitian dan batasan masalah, bab-II menguraikan landasan teoritis, bab-III, menyajikan metodologi penelitian, bab-IV menyangkut analisis dan pembahasan dan bab-V kesimpulan.

Kami sadari sepenuhnya bahwa penelitian ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari banyak pihak, untuk itu kami ingin menyampaikan terima kasih yang tulus pihak-pihak yang telah memberikan dukungan tersebut di atas. Pertama, kepada saudara Guido yang telah melakukan survey lapangan selama kurang lebih 3 bulan (selama proses pembangunan rumah-rumah yang menjadi sampel penelitian). Kedua, kepada Dekan Fakultas Teknik UNWIRA Kupang, Ketua Jurusan Teknik UNWIRA Kupang, Kepala LPM UNWIRA serta Kepala Pusat Studi Mitigasi Bencana Alam UNWIRA yang telah memberikan dukungan administrasi maupun finansial. Dan akhirnya kami juga ingin menyampaikan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada rekan-rekan di PT Siarplan Utama yang telah meminjamkan fasilitas kantornya dalam menyelesaikan atau memproduksi laporan ini.

Akhirnya dengan penuh kerendahan hati kami mengharapkan kritik dan saran pembaca agar hasil penelitian ini memberikan dampak yang berarti bagi masyarakat luas khususnya masyarakat konstruksi NTT

Kupang, November 2010

Rani Hendrikus

Daftar Isi

	Abstract	i
	Ucapan Terima Kasih	ii
	Daftar Isi	iii
	Daftar Gambar	iv - v
	Daftar Tabel	vi
Bab - I	Pendahuluan	1.1 – 1.5
1.1	<i>Latar Belakang</i>	1.1
1.2	<i>Masalah Penelitian</i>	1.2
1.3	<i>Tujuan</i>	1.2
1.4	<i>Batasan Masalah</i>	1.2
Bab - II	Tinjauan Kepustakaan	2.1 – 2.26
2.1	<i>U m u m</i>	2.1
2.2	<i>Konfigurasi Bangunan</i>	2.2
2.3	<i>Pondasi</i>	2.14
2.4	<i>Kolom</i>	2.16
2.5	<i>BalokPengikat</i>	2.18
2.6	<i>Tembok</i>	2.18
2.7	<i>Atap Bangunan</i>	2.21
2.8	<i>Mutu Bahan</i>	2.24
2.9	<i>Detai Rangka Beton</i>	2.24
Bab - III	Metode Penelitian	3.1 – 3.7
3.1	<i>D a t a</i>	3.1
3.2	<i>Proses Penelitian dan Pengolahan Data</i>	3.1
Bab – IV	Anlisis dan Pembahasan	4.1 – 4.37
4.1	<i>Penentuan Sampel</i>	4.1
4.2	<i>Data Bahan Bangunan</i>	4.14
4.3	<i>Kajian Elemen Struktur</i>	4.10
4.4	<i>Kajian Sistem Struktur</i>	4.29
Bab - V	Kesimpulan dan Saran	5.1 – 5.2
5.1	<i>Kesimpulan</i>	5.1
5.2	<i>Saran</i>	5.2
	Daftar Refensi	ref-1 - ref-2

Daftar Gambar

Gambar 2.1	Pengaturan Bentuk Bangunan	2.11
Gambar 2.2	Penyebaran Tembok Struktural & Non-Struktural	2.12
Gambar 2.3	Penyelesaian Kasus Re-entrain	2.13
Gambar 2.4	Rasio Dimensi Bangunan	2.13
Gambar 2.5	Letak Elevasi Dasar Pondasi	2.14
Gambar 2.6	Detail pondasi jalur	2.15
Gambar 2.7	Penempatan kolom utama	2.17
Gambar 2.8	Penempatan kolom praktis	2.17
Gambar 2.9	Jarak dan bengkokan sengkang	2.18
Gambar 2.10	Persyaratan bukaan	2.19
Gambar 2.11	Pola penempatan angkur	2.20
Gambar 2.12	Penyelesaian tekni pada kasus tembok tidak penuh	2.21
Gambar 2.13	Pengaruh bahan atap terhadap beban struktur	2.21
Gambar 2.14	Type/jenis konstruksi atap bangunan	2.23
Gambar 2.15	Ikatan rangka atap dengan kolom/balok	2.23
Gambar 2.16	Join kolom pondasi	2.25
Gambar 2.17	Join kolom balok	2.25
Gambar 3.1	Diagram alir	3.2
Gambar 4-1	Sebaran titik titik sampel	4.1
Gambar 4-2	Tempat penampungan air untuk pekerjaan konstruksi	4.2
Gambar 4-3	Agregat kasar yang digunakan	4.4
Gambar 4-4	Agregat halus	4.7
Gambar 4-5	Cara menyimpan semen	4.7
Gambar 4-6	Prosentase komposisi campuran beton	4.9
Gambar 4-7	Komposisi campuran adukan pasangan	4.10
Gambar 4-8	Type denah bangunan dengan tonjolan	4.14
Gambar 4-9	Galian pondasi	4.17
Gambar 4-10	Dimensi pasangan pondasi	4.18
Gambar 4-11	Pertemuan pondasi-kolom	4.19
Gambar 4-12	Pertemuan kolom-sloof	4.20
Gambar 4-13	Pertemuan kolom-ring balok	4.21
Gambar 4-14	Kegagalan join kom-ring balok (gempa Flores 1992)	4.21
Gambar 4-15	Kegagalan join kom-ring balok (gempa Flores 1992)	4.22
Gambar 4-16	Pertemuan dinding dengan kolom	4.22
Gambar 4-17	Kegagalan join kolom tembok (gempa Flores 1992)	4.23
Gambar 4-18	Pola kerusakan pada bukaan tembok (gempa Alor 2004)	4.24
Gambar 4-19	Kerusakan tembok akibat bukaan (gempa Flores 1992)	4.24
Gambar 4-20	Ketentuan bukaan tembok sesuai SNI 03-1734-1989	4.25
Gambar 4-21	Bukaan tembok pada salah satu sampel penelitian	4.25
Gambar 4-22	Pola bukaan tembok dari sampel penelitian	4.26
Gambar 4-23	Visual luas bidang tembok (data lapangan)	4.27
Gambar 4-24	Kerusakan tembok akibat bukaan luas bidang besar (gempa pantar 1987)	4.27

Gambar 4-25	Lepasnya rangka atap dari kedudukan ring-balok (gempa Flores 1992)	4.28
Gambar 4-26	Pertemuan rangka atap dengan tumpuan	4.28
Gambar 4-27	Type lay-out (dominan) bangunan di daerah studi	4.29
Gambar 4-28	Evaluasi tembok As-A	4.31
Gambar 4-29	Evaluasi tembok As-C	4.31
Gambar 4-30	Evaluasi tembok As-3	4.32
Gambar 4-31	Evaluasi tembok As-1	4.32
Gambar 4-32	Evaluasi tembok As-2	4.33
Gambar 4-33	Evaluasi tembok As-B	4.33
Gambar 4-34	Bidang tembok struktur pada As-A	4.34
Gambar 4-35	Bidang tembok struktur pada As-3	4.35
Gambar 4-36	Bidang tembok struktur pada As-3	4.35
Gambar 4-37	Bidang tembok struktur pada As-2	4.36
Gambar 4-38	Bidang tembok struktur pada As-2	4.36
Gambar 4-39	Bidang tembok struktur pada As-B	4.37
Gambar 4-40	Lay-out bidang tembok struktur dan non-struktur	4.37

Daftar Tabel

<i>Tabel-3.1</i>	<i>Substansi data dan analisis</i>	<i>3.4</i>
<i>Tabel-4.1</i>	<i>Data sumber, tampungan dan mutu air</i>	<i>4.3</i>
<i>Tabel-4.2</i>	<i>Sumber, ukuran dan mutu agregat kasar</i>	<i>4.5</i>
<i>Tabel-4.3</i>	<i>Sumber, ukuran dan mutu agregat halus</i>	<i>4.6</i>
<i>Tabel-4.4</i>	<i>Deskripsi bahan batu bata</i>	<i>4.8</i>
<i>Tabel-4.5</i>	<i>Komposisi campuran Betaon dan Mortar Untuk Pasangan</i>	<i>4.10</i>
<i>Tabel-4.6</i>	<i>Data pemebisian kolom</i>	<i>4.11</i>
<i>Tabel-4.7</i>	<i>Data pemebisian sloof dan ring-balk</i>	<i>4.12</i>
<i>Tabel-4.8</i>	<i>Informasi atau data kedalaman galian pondasi</i>	<i>4.16</i>
<i>Tabel-4.9</i>	<i>Informasi atau data dimensi pondasi</i>	<i>4.17</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya pendapatan perkapita masyarakat secara langsung mempengaruhi gaya hidup masyarakat, khususnya masyarakat perkotaan. Hal ini ditandai dengan adanya pergeseran tata nilai diberbagai aspek kehidupan, termasuk dalam hal memandang “rumah”. Rumah yang dahulunya hanya sebagai tempat berlindung dikala hujan atau terik matahari sekarang menyadang fungsi lain seperti status social dan harga diri pemiliknya. Karena itu menjadi pemandangan yang jamak ketika kita menyaksikan masyarakat berlomba-lomba membangun rumah tembok dan meninggalkan rumah-rumah tradisional yang dianggapnya tidak lagi mewakili nilai-nilai masyarakat modern. Rumah tembok yang sebelumnya hanya dimiliki oleh para pejabat pemerintah dan orang-orang kaya, sekarang dapat dibangun dan dimiliki oleh siapa saja.

Gambaran situasi masyarakat yang disampaikan di atas, sesungguhnya merupakan fenomena dari keberhasilnya pembangunan, namun yang menjadi masalah adalah, apakah tranformasi tata nilai tersebut berjalan seiring dengan tranformasi teknologi bangunan yang berbasiskan bahan bangunan modern. Studi-studi yang dilakukan pada 2 (dua) decade terakhir di NTT, seperti oleh: Lay Mau Yakobus (1998), Henderik Bea Betan (1998), Markus Ndun (1999), dan Ferdinan Wolo Giri (2001) menunjukkan bahwa masyarak di daerah penelitian belum menguasai dengan baik teknologi bangunan rumah tembok. Di sisi lain hasil studi peta gempa Indonesia tahun 2011 menunjukkan bahwa daerah NTT termasuk kota Kupang, merupakan daerah dengan tingkat resiko gempa yang tergolong tinggi. Sementara itu, bangunan-bangunan yang didirikan oleh masyarakat di wilayah ini masih belum memenuhi standar minimal yang diatur baik dalam SNI 03-1724.1998 maupun SNI 03-1726-2002. Kondisi ini menyimpan ancaman potensial yang sewaktu-waktu dapat berubah menjadi bencana.

Setelah lebih dari sepuluh tahun, dari penelitian yang dilakukan oleh Ferdinan Wolo Giri 2001, perkembangan konstruksi bangunan rumah sederhana tidak ada informasi tertulis maka dirasakan sangat perlu untuk mengetahui apakah transomasi teknologi bahan bangunan dan juga teknologi konstruksi bangunan sudah terjadi di tengah masyarakat.

Sehubungan dengan keinginan untuk mengetahui perkembangan teknologi bangunan yang dimasalahkan di atas, maka dibuatlah suatu studi/penelitian mengenai kebiasaan membangun rumah tinggal sederhana dengan judul:

“ KAJIAN SISTEM STRUKTUR BANGUNAN RUMAH TEMBOK SEDERNAN (NON-ENGINEERED STRUCTURES) DI KOTA KUPANG (Studi Kasus Bangunan – Bangunan Pada Tahun 2009 di Kelurahan Penfui) “.

1.2. Rumusan Masalah

Masalah utama yang ingin diketahui dari penelitian ini adalah bagaimana perkembangan atau aplikasi teknologi bangunan rumah sederhana tahan gempa, masyarakat kota Kupang khususnya masyarakat dari di lokasi penelitian.

1.3. Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah:

1. Mengetahui tata cara masyarakat (para tukang) dalam memilih dan menjajaga mutu bahan
2. Mengetahui kelemahan dan kekuatan dari sistem konstruksi yang diaplikasikan oleh masyarakat
3. Mengevaluasi sistem struktur bangunan dan melakukan perbaikan bila diperlukan

1.4. Manfaat Penelitian

1. Mendapatkan gambaran tentang praktek membangun yang dilaksanakan oleh masyarakat.
2. Mendapatkan bahan dasar dalam melakukan penyuluhan teknologi bangunan kepada masyarakat luas.

1.5. Pembatasan Masalah

Obyek penelitian yang menjadi fokus adalah rumah tinggal milik masyarakat, yang dibangun secara swadaya dengan menggunakan keahlian para tukang local. Dengan kata lain penelitian ini tidak mencakup Rumah Dinas Pemerintah, PERUMNAS, BTN, dan RSS.

Aspek-aspek bangunan tahan gempa yang ditinjau pada ini hanya dibatasi pada aspek pelaksanaan dan pendetailan konstruksi bangunan. Sedangkan aspek konfigurasi tidak ditinjau pada penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORITIS

2.1. U m u m

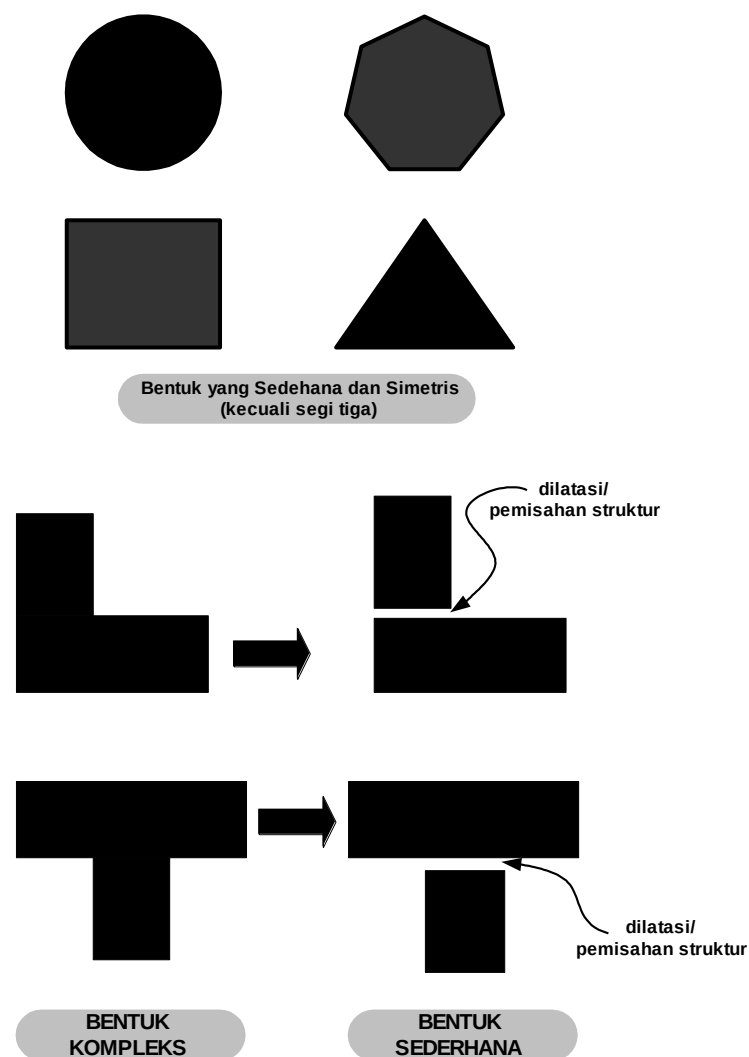
Bangunan rumah tembok sederhana adalah, rumah tembok yang didirikan masyarakat secara swadaya dan swakelola baik dalam hal perencanaan maupun pelaksanaannya, tanpa campur tangan ahli bangunan. Pengalaman Indonesia menunjukkan bahwa bangunan jenis ini umumnya memiliki banyak kekurangan terutama bila dilihat dari aspek: sistem struktur, pendeteilan, mutu bahan dan mutu konstruksi. Kelompok bangunan ini umumnya tidak disiapkan secara khusus untuk menghadapi beban lingkungan seperti gempa dan angin. Gempa Tarutung 1987, gempa Flores 1992, Gempa Alor 2004 misalnya memperlihatkan secara jelas betapa betapa bangunan kelompok ini rentan terhadap ancaman bencana gempa bumi.

2.2. Konfigurasi Bangunan.

Konfigurasi bangunan ditentukan oleh : bentuk denah bangunan, sebaran elemen struktur vertikal, sebaran tembok, set-back, tonjolan-tonjolan pada denah bangunan, serta kemenerusan elemen-elemen struktur dari atap sampai pondasi. Konfigurasi yang baik akan melahirkan dua keuntungan: pertama, gaya pada elemen bangunan dapat dihitung dengan metode yang lebih sederhana (2 dimensi), dan kedua, sebaran gaya lebih merata sehingga bangunan yang lebih murah. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan konfigurasi bangunan :

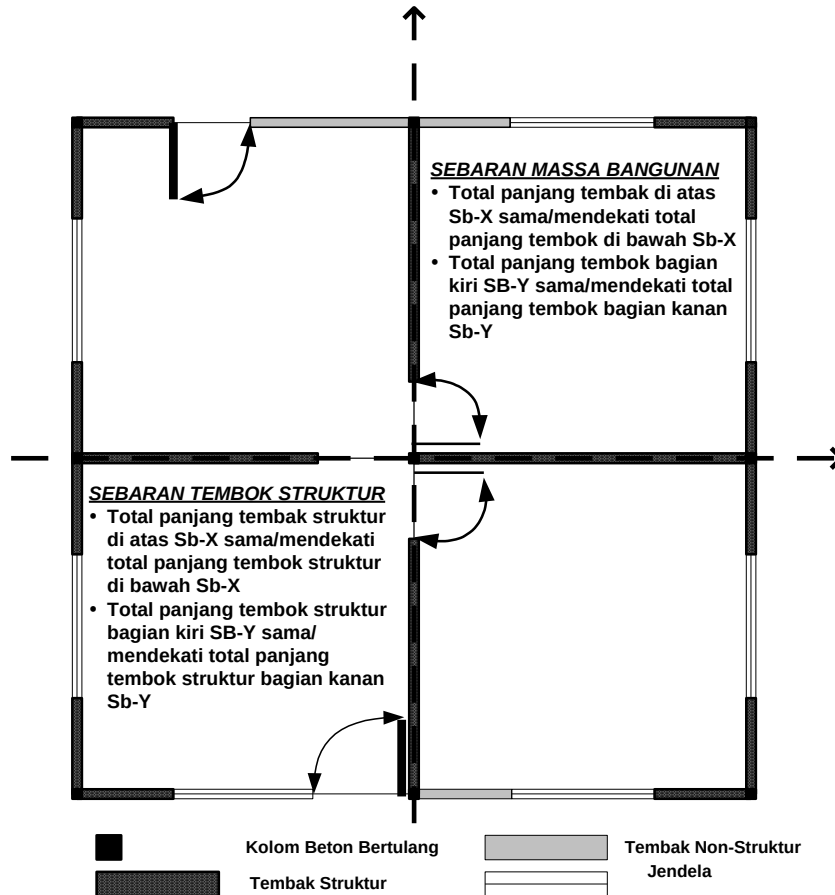
- a. Pilihlah bentuk dasar bangunan yang sederhana dan simetris. Bentuk bangunan yang sederhana dan simetris akan menghasil distribusi gaya yang mereta keseluruh elemen struktur sesuai dengan kekakuan masing-masing. Sebaliknya bangunan dengan bentuk yang kompleks akan menimbulkan konsentrasi gaya pada daerah tertentu sehingga sebagian elemen struktur mengalami beban atau gaya yang besar sedangkan sebagian lainnya tidak. Bentuk-bentuk yang ideal adalah : bujur sangkar, persegi banyak beraturan (segi 6 atau segi 8) dan persegi panjang dengan rasio panjang per lebar kurang dari 5. Dalam keadaan tertentu kehadiran bentuk-bentuk yang kompleks tidak dapat dihindari. Keadaan ini dapat diatasi dengan menggunakan *konsep dilatasi*, lihat gbr. 2.1

- b. Mengatur modul struktur sedemikian rupa sehingga elemen struktur vertikal tersebar secara merata pada seluruh bagian denah bangunan. Elemen struktur vertikal yang umum digunakan pada bangunan tidak bertingkat adalah: kolom beton bertulang/baja, rangka batang baja, dinding pasangan dan struktur gabungan antara kolom beton bertulangan dengan dinding pasangan. Elemen struktur vertikal yang disebut terakhir, disebut juga dinding geser. Kolom pada elemen struktur ini berfungsi sebagai bingkai dari elemen dinding, sehingga kemampuan pikul bebannya, khususnya terhadap beban lateral, meningkat. Dinding yang akan difungsikan sebagai elemen struktur harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Sehingga tidak semua dinding dapat difungsikan sebagai elemen struktural. Dengan demikian pada tahap ini perlu dilakukan identifikasi yang jelas mana bagian bangunan yang berfungsi struktural dan mana yang tidak.



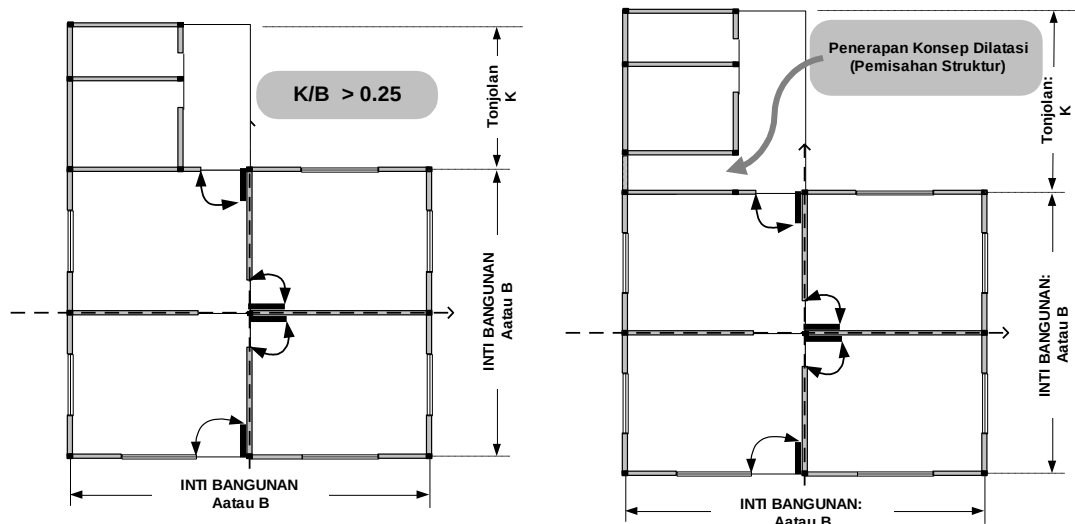
Gbr. 2.1 Pengaturan Bentuk Bangunan

- c. Elemen-elemen dinding baik yang berfungsi struktural maupun yang tidak harus disebarakan secara merata, sehingga massa bangunan tersebar secara merata pada seluruh denah bangunan, gbr. 2.2. Untuk mendapatkan kondisi ini diperlukan kerja sama yang baik dengan arsitek.



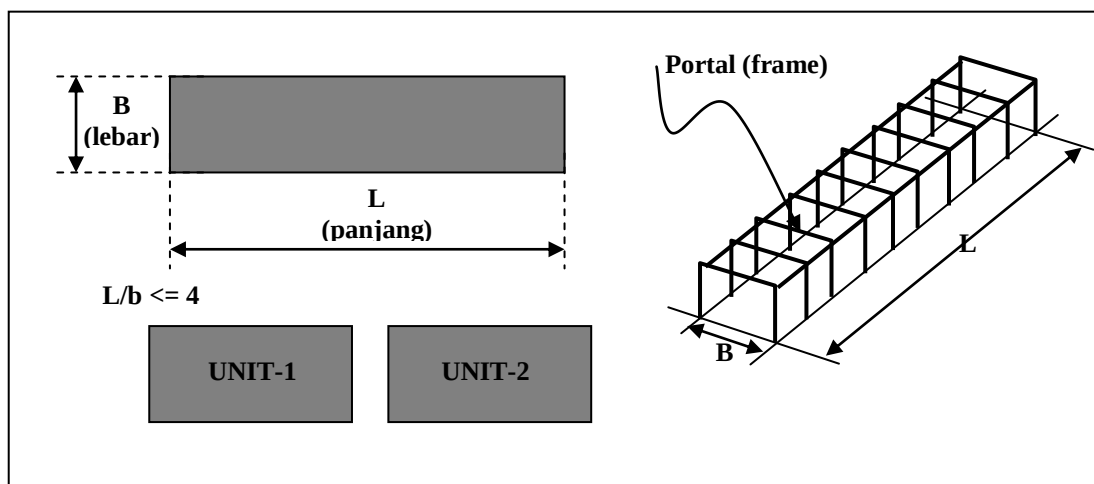
Gbr. 2.2. Konsep Penyebaran Tembok Struktural & Tembok Non-Struktural

- d. Tonjolan pada denah bangunan. Sedapat mungkin tonjolan pada denah bangunan dihindari. Jika karena pertimbangan lain yang mengharuskan adanya tonjolan maka alternatif penyelesaian teknis yang dapat ditempuh adalah: pertama, usahakan panjang tonjolan tidak melampaui 0.25 kali lebar inti bangunan, kedua, jika panjang tonjolan melampaui batas tersebut di atas, maka sebaiknya dilakukan pemisahan struktur, di mana tonjolan dipisahkan dengan bangunan induk. Contoh dari bentuk penyelesaian ini dapat dilihat pada gbr. 2.3.



Gbr. 2.3. Penyelesaian Kasus Re-entrain

- e. Rasio panjang per lebar bangunan dianjurkan lebih kecil dari 5, atau jumlah portal (frame) dalam arah memanjang bangunan tidak melampaui 10 portal. Ketentuan ini dimaksudkan untuk menjamin keamanan bangunan bila terjadi gempa bumi, dan agar seluruh dasar bangunan terletak pada tanah dasar dengan karakteristik yang sama. Bangunan yang terlampaui panjang berpotensi memberi repons yang tidak sama khususnya pada saat beban lateral bekerja dalam arah melintang bangunan. Untuk mengatasinya, bangunan demikian sebaiknya dibagi menjadi dua unit bangunan terpisah (lihat gbr. 2.4.)



Gbr. 2.4. Rasio Dimensi Bangunan

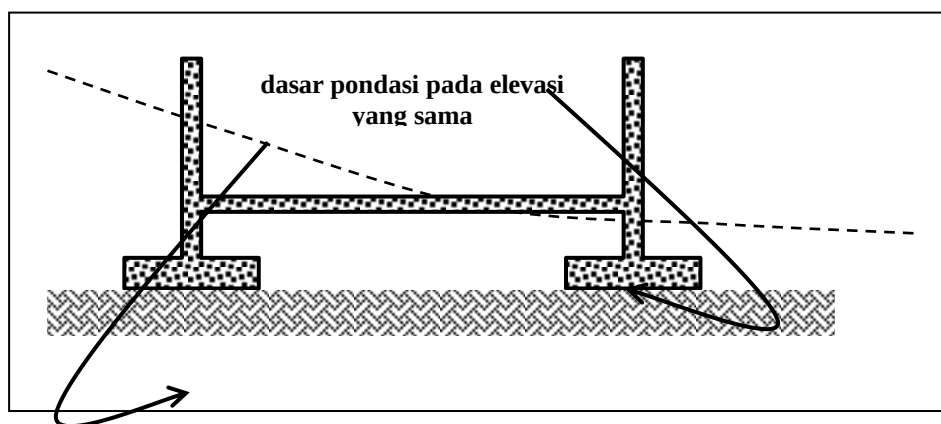
2.3. Pondasi.

Jenis pondasi yang umum digunakan pada bangunan tidak bertingkat adalah: pondasi jalur/menerus dan pondasi setempat (*Isolated Footing*). Pondasi jalur/menerus umumnya digunakan pada bangunan rumah tinggal, kantor dan pertokoan. Sedangkan pondasi setempat yang dikombinasikan dengan pondasi menerus umumnya digunakan pada bangunan gudang, pabrik serta kantor dan pertokoan dengan beban atap yang relatif berat.

Pondasi merupakan elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke tanah dasar. Perencanaan pondasi pada dasarnya merupakan perencanaan dimensi pondasi dan perencanaan kekuatan pondasi. Pondasi harus memiliki dimensi yang memadai sehingga tegangan tanah yang terjadi lebih kecil dari tegangan tanah ijin. Pondasi juga harus memiliki kekuatan yang cukup sehingga beban struktur bangunan bagian atas (*Upper structures* dan *Supper structures*). Berikut ini disampaikan beberapa prinsip dalam merencanakan pondasi untuk rumah tidak bertingkat.

2.3.1. Letak (kedudukan) Pondasi.

Seluruh pondasi sebaiknya diletakan pada elevasi yang sama, lihat gbr. 2.5. Syarat di dimaksudkan agar bila terjadi gempa frekuensi getaran yang masuk seluruh bagian bangunan relatif sama nilainya.

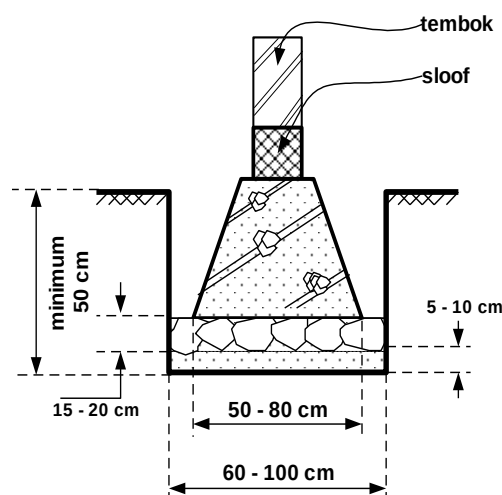


Gbr. 2.5. Letak Elevasi Dasar Pondasi

2.3.2. Pondasi Jalur (Menerus)

Pondasi menerus banyak digunakan pada rumah tembok tidak bertingkat, bahkan system pondasi ini sangat dominan dan dikuasai teknologinya oleh masyarakat dan para tukang. Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam penerapan konstruksi pondasi ini adalah:

- Pondasi harus digali sampai kedalam tanah keras atau sekurang-kurangnya 0.5 meter dari permukaan tanah. Pengertian tanah keras sangat kualitatif dan dapat diperdebatkan, namun untuk kebutuhan pondasi bangunan tidak bertingkat, tanah keras tersebut dapat diartikan sebagai tanah dengan tegangan ijin 0.5 kg/cm^2 atau lebih. Syarat kedalam yang memadai di atas dimaksudkan untuk menghindari kerusakan pondasi karena pengaruh erosi dan faktor lingkungan lainnya.
- Lebar galian pondasi jalur sangat tergantung lebar bagian bawah pasangan pondasi, di mana umumnya diambil $\pm 1,20$ kali lebar dasar pasangan pondasi. Secara teoritis lebar pasangan pondasi sangat tergantung dari besarnya beban yang disalurkan dan daya dukung tanah yang ada. Walaupun sesungguhnya nilai pasti dari lebar dasar pasangan pondasi dapat dihitung namun untuk kebutuhan praktis umumnya di ambil nilai antara 0.5 meter sampai dengan 0.8 meter.
- Lebar bagian atas pondasi jalur umumnya diambil sebesar lebar tembok ditambah 5 cm untuk masing-masing sisi. Untuk bangunan yang menggunakan sloof (balok pengikat bawah), formula ini tetap dapat digunakan dengan menggantikan lebar tembok dengan lebar sloof. Penjelasan tambahan yang berkaitan dengan pondasi jalur dapat dilihat pada gbr.2.6.



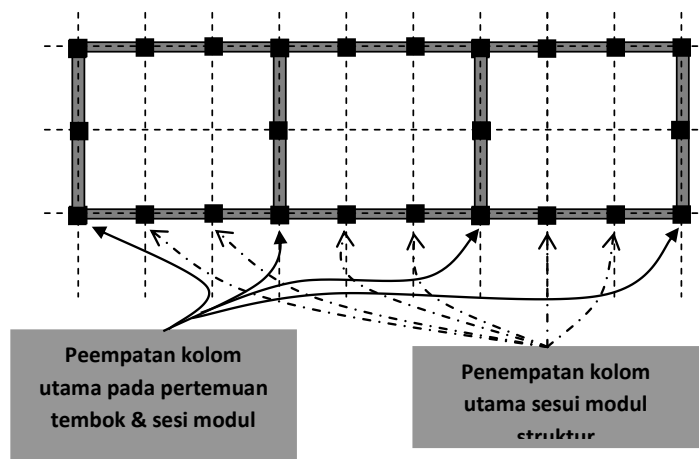
Gbr. 2.6. Detail Pondasi Jalur

2.4. Kolom

Kolom harus ditempatkan pada setiap pertemuan dua atau lebih bidang dinding. Kolom-kolom tersebut selain berfungsi sebagai pengikat antara elemen dinding, juga berfungsi sebagai pengaku bidang dinding. Pada bangunan tidak bertingkat, umumnya dikenal dua type kolom, yakni kolom utama dan kolom praktis.

2.4.1. Kolom Utama

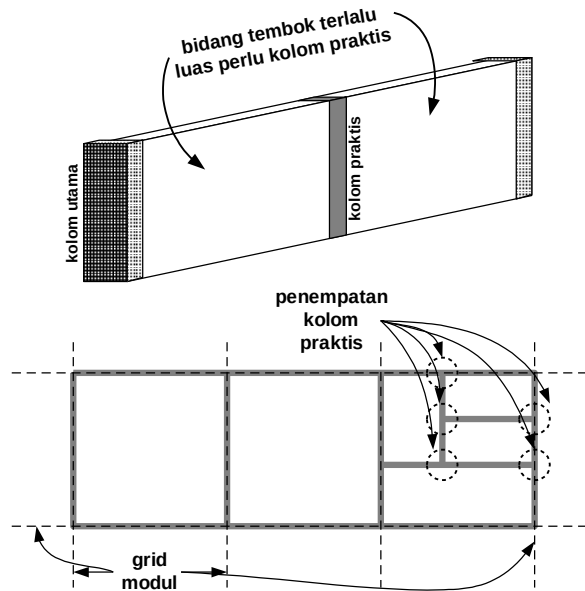
Kolom utama umumnya adalah kolom yang ditempatkan pada setiap pertemuan dinding atau sesuai dengan modul struktur yang direncanakan, lihat gbr. 2.7. Dimensi kolom utama umumnya bervariasi antara $12 \times 12 \text{ cm}^2$, $15 \times 15 \text{ cm}^2$ sampai $20 \times 20 \text{ cm}^2$, tergantung dari dimensi bangunan. Untuk rumah tinggal umumnya menggunakan dimensi kolom utama $12 \times 12 \text{ cm}^2$ sampai $15 \times 15 \text{ cm}^2$. Sedangkan untuk bangunan ruang kelas, kantor, pabrik dan gudang umumnya menggunakan dimensi yang lebih besar, yakni: $15 \times 15 \text{ cm}^2$ sampai $20 \times 20 \text{ cm}^2$. Dalam kasus-kasus tertentu dapat menggunakan dimensi yang lebih besar bila pertimbangan teknis mengharuskannya.



Gbr. 2.7. Penempatan Kolom Utama

2.4.2. Kolom Praktis

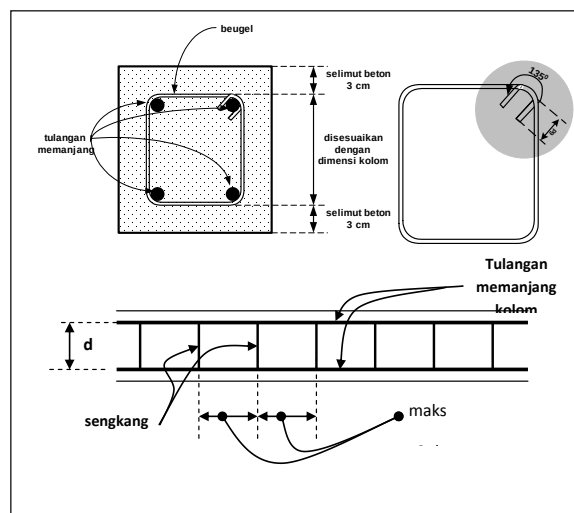
Kolom praktis umumnya ditempatkan diluar modul struktur atau pada pertemuan bidang tembok yang memiliki luas kecil atau pada tempat-tempat yang dimaksudkan hanya untuk membatasi luas bidang tembok, lihat gambar 2.8. Kolom praktis umumnya tidak berfungsi struktural seperti kolom utama. Dimensi kolom praktis umumnya bervariasi, antara $10 \times 10 \text{ cm}^2$ sampai $12 \times 12 \text{ cm}^2$ sesuai dengan tebal tembok.



Gbr. 2.9. Penempatan Kolom Praktis

2.4.3. Pembesian

Tulangan memanjang kolom utama sebaiknya menggunakan diameter 12 mm atau lebih (biasanya diameter maksimum 16 mm). Sedangkan untuk kolom praktis umumnya menggunakan diameter 10 atau 12 mm. Untuk sengkang, sebaiknya menggunakan diameter 8 mm atau 10 mm, ketentuan ini berlaku untuk kolom utama dan kolom praktis. Jarak antara sengkang harus lebih kecil atau sama dengan 2 kali tinggi kolom efektif (d). Untuk menjamin keutuhan kolom pada saat menerima beban lateral dan beban vertikal yang besar, sengkang harus dibengkokkan sampai mencapai sudut 135 derajat terhadap arah batang sengkang mula-mula. Penjelasan secara skematis dapat dilihat pada gbr.2.9.



Gbr. 2.9. Jarak dan Bengkokan Sengkang

2.5. Balok Pengikat

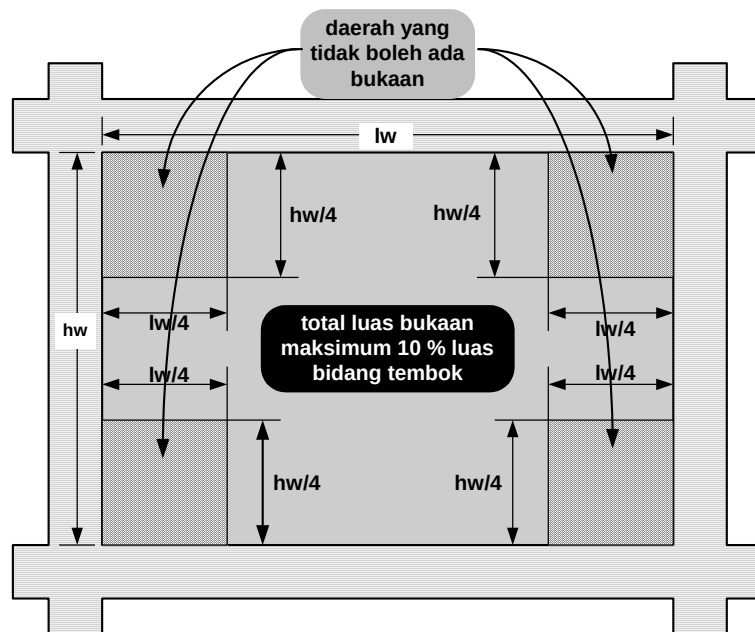
Ada 3 jenis balok yang umum ditemui pada bangunan tidak bertingkat, yakni balok sloof (balok bawah), ring balk (balok atas) dan balok lantai. Sebagian sloof dan sebagian balok ring bersifat struktural, sebagiannya tidak. Sedangkan balok lantai umumnya tidak bersifat struktural. Dimensi slof, ring balok utama bervariasi, umumnya berkisar antara: $12 \times 12 \text{ cm}^2$, $12 \times 15 \text{ cm}^2$ atau $15 \times 15 \text{ cm}^2$. Sedangkan dimensi sloof praktis, ring balk praktis, dan balok lantai dapat menggunakan : $10 \times 10 \text{ cm}^2$, atau $12 \times 12 \text{ cm}^2$. Detail pembesannya sama dengan detail pembesian untuk kolom, baik untuk balok utama maupun balok praktis, lihat gambar 2.9

2.6. Tembok

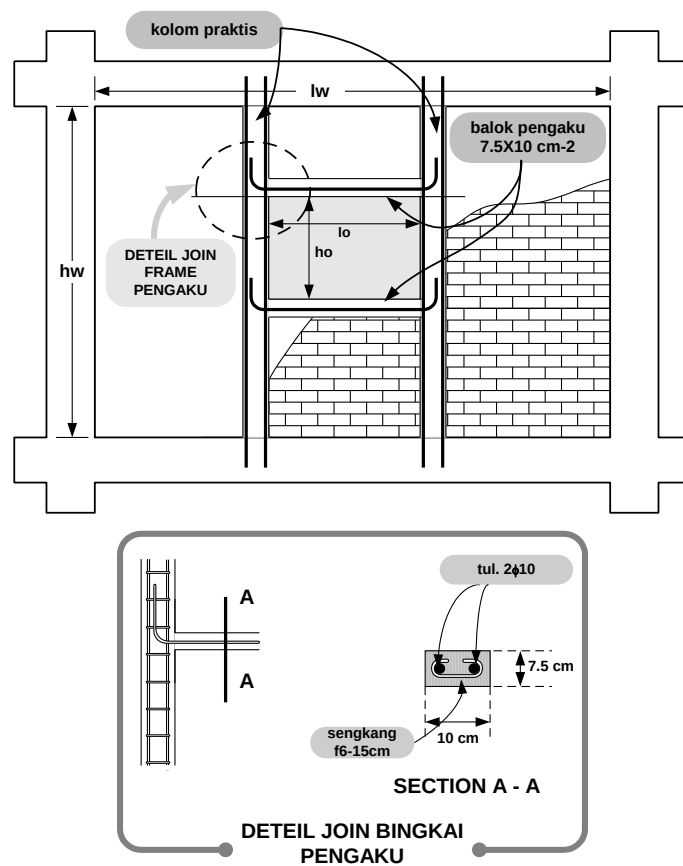
Tembok pada bangunan tidak bertingkat umumnya bersifat struktural, artinya berfungsi sebagai elemen struktur. Disain tembok pada dasarnya disain/pengaturan luas bidang tembok, luas bukaan, lokasi bukaan, angkur, dan konstruksi pengaku bukaan. Pada tembok yang direncanakan berfungsi struktural, aspek-aspek tersebut perlu ditinjau secara khusus terhadap kemampuannya dalam menerima beban vertikal maupun horizontal. Sedangkan pada elemen tembok non-struktural, perhatian diberikan sejauh menjaga pola kerusakan tembok terkendali, sehingga tidak membahayakan pemakai bangunan.

Berikut ini disampaikan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi di dalam merencanakan konstruksi tembok:

- a. Luas bidang tembok sebaiknya dibatasi tidak melampaui 12 m^2 . Bila luas tembok melampaui batasan tersebut, sebaiknya diberi kolom tambahan yang berfungsi sebagai kolom praktis dan sekaligus membagi membagi luas bidang tembok menjadi 2 bidang dengan luas masing-masing yang memenuhi persyaratan tersebut di atas. (lihat gbr. 2.10)
- b. Tembok yang akan difungsikan sebagai elemen struktur (khususnya untuk memikul beban-beban lateral) sebaiknya merupakan bidang tembok utuh, dan jika karena pertimbangan arsitektural (jendela) perlu ada bukaan, maka bukaan tersebut harus tidak melampaui 10 % dari luas tembok dan lokasi bukaan harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan dalam gbr.2.16.
- c. Setiap bukaan harus diberi bingkai (frame) pengaku dari beton bertulang, dengan ukuran : $10 \times 10 \text{ cm}^2$ (setebal tembok) atau minimal $7.5 \times 10 \text{ cm}^2$. Untuk bingkai pengaku $7.5 \times 10 \text{ cm}^2$, hanya membutuhkan 2 tulangan memanjang dengan beugel berjarak 10 cm, lihat detail gbr.11.

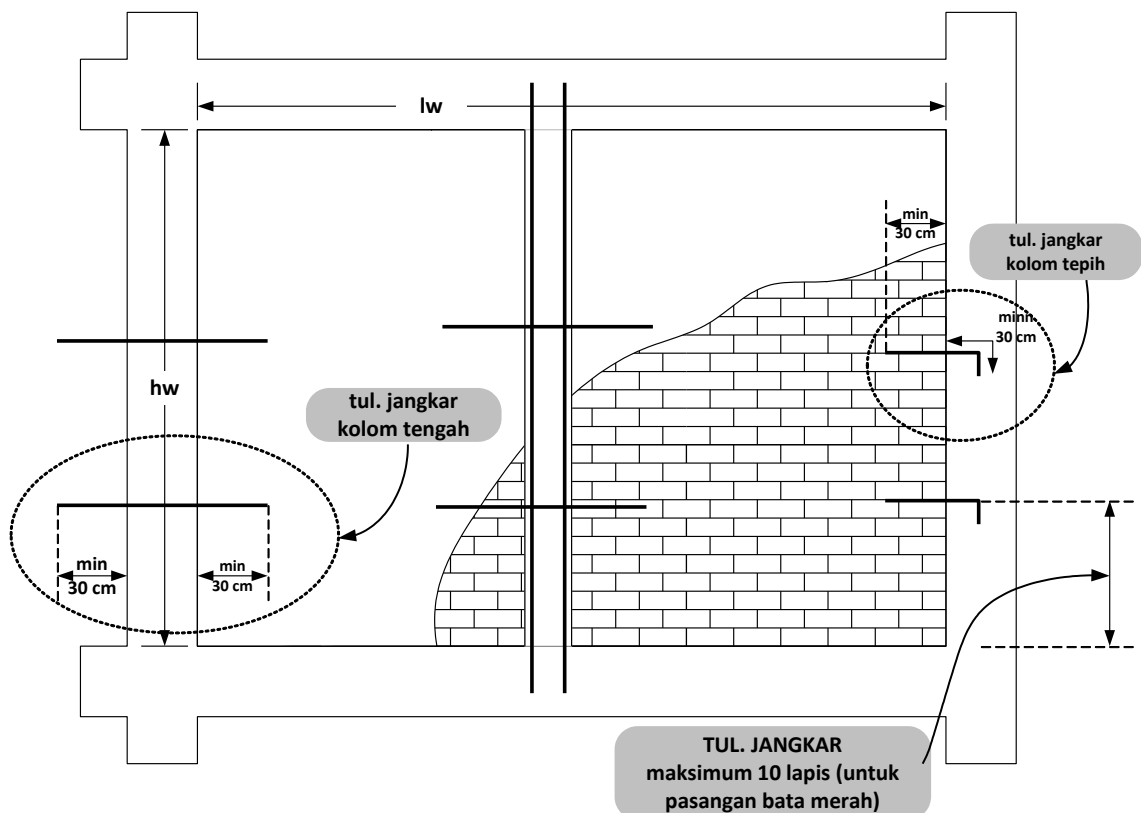


Gbr. 2.10. Persyaratan Bukaan

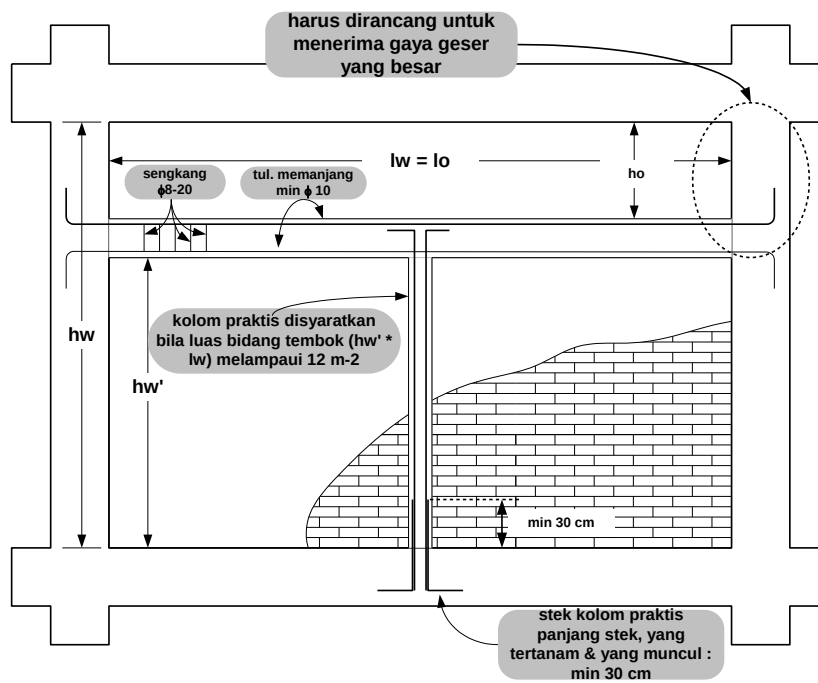


Gbr. 2.11. Detail Perkuatan Daerah Bukaan

- d. Untuk membentuk satu kesatuan system/struktur antara elemen tembok dengan elemen kolom, maka ikatan antara kedua elemen struktur perlu diperkuat dengan menggunakan angkur seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.12. Angkur tersebut memungkinkan bidang tembok dan bingkai beton bertulang berespon terhadap aksi beban luar sebagai satu kesatuan.
- e. Untuk bidang-bidang tembok yang karena alasan arsitektural atau alasan lain sehingga tidak dapat dipasang penuh, penyelesaian konstruksinya harus memperhatikan penjelasan dalam gambar 2.13. Bidang tembok demikian memiliki resiko kegagalan geser pada daerah kolom yang tidak terisi tembok. Kegagalan ini dikenal dengan *short-column effect*. Untuk menghindari ini maka bagian kolom yang terbuka tersebut perlu diberi kekuatan geser yang besar, baik dengan memberi tulangan geser yang memadai maupun dengan membiarkan daerah sepanjang $l_w/4$ tetap terisi tembok. Pemecahan lain adalah dengan melakukan pemisahan yang tegas antara bidang tembok dengan elemen kolom.



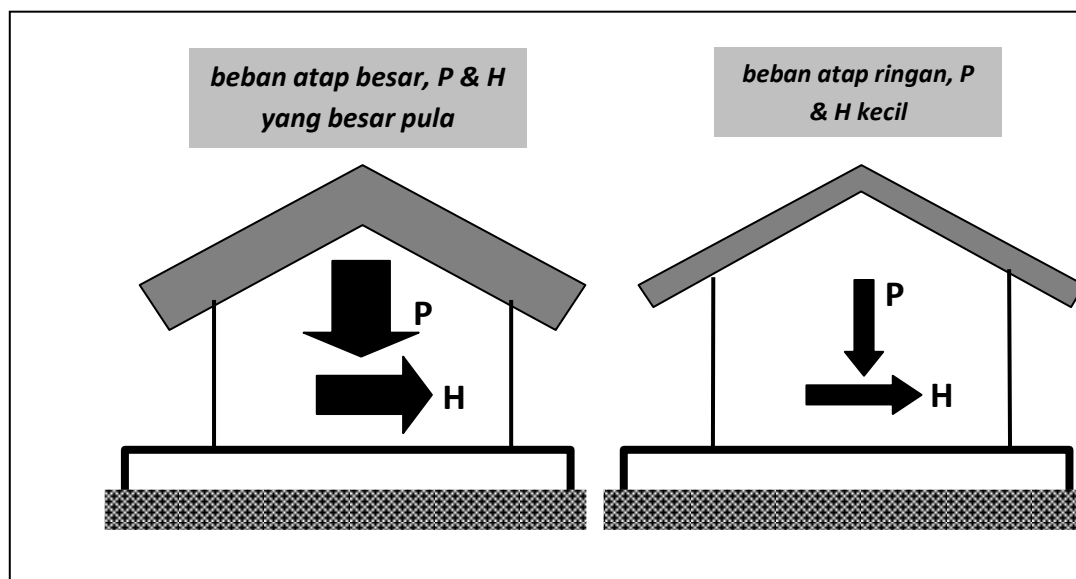
Gbr. 2.12. Pola Penempatan Jangkar/Angkur



Gbr. 2.13. Penyelesaian Teknis pada Kasus Tembok Tidak Penuh

2.7. Atap Bangunan.

Atap (penutup atap dan struktur atap) merupakan bagian bangunan yang perlu dirancang secara khusus guna memenuhi tuntutan fungsional dan juga memberi kontribusi struktural serta menjaga keamanan bangunan secara keseluruhan.



Gbr. 2.13. Pengaruh Buhan Atap Terhadap Beban Struktur

Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam merencanakan struktur atap adalah:

a. Bahan penutup atap.

Bahan yang baik untuk penutup atap adalah yang awet dan tidak terlampau berat. Jenis penutup atap dari seng, aluminium, alang-alang, asbes, sirap merupakan bahan yang baik, karena selain cukup awet juga relatif ringan. Bahan penutup atap dari genteng (terutama genteng beton) umumnya relatif lebih berat. Pemakaian bahan atap yang berat akan menimbulkan beban pada struktur bangunan yang relatif besar pula. Karena itu penggunaan genteng harus dipertimbangkan dengan matang dari aspek teknisnya.

b. Bahan struktur atap

Kayu dan baja (rangka kayu dan rangka baja) merupakan jenis bahan yang paling populer dan luas digunakan untuk struktur atap. Kayu digunakan pada hampir semua jenis bangunan, dari yang berbentuk kecil, menengah sampai bangunan bentang besar. Sedangkan rangka baja lebih sering ditemui pada bangunan bentang besar seperti gudang atau pabrik. Secara teknis kedua bahan tersebut sangat baik untuk struktur atap. Penerapan lapangan sangat tergantung, ketersediaan bahan (harga), teknologi dan kemampuan tenaga kerja setempat.

c. Tipe Konstruksi Atap

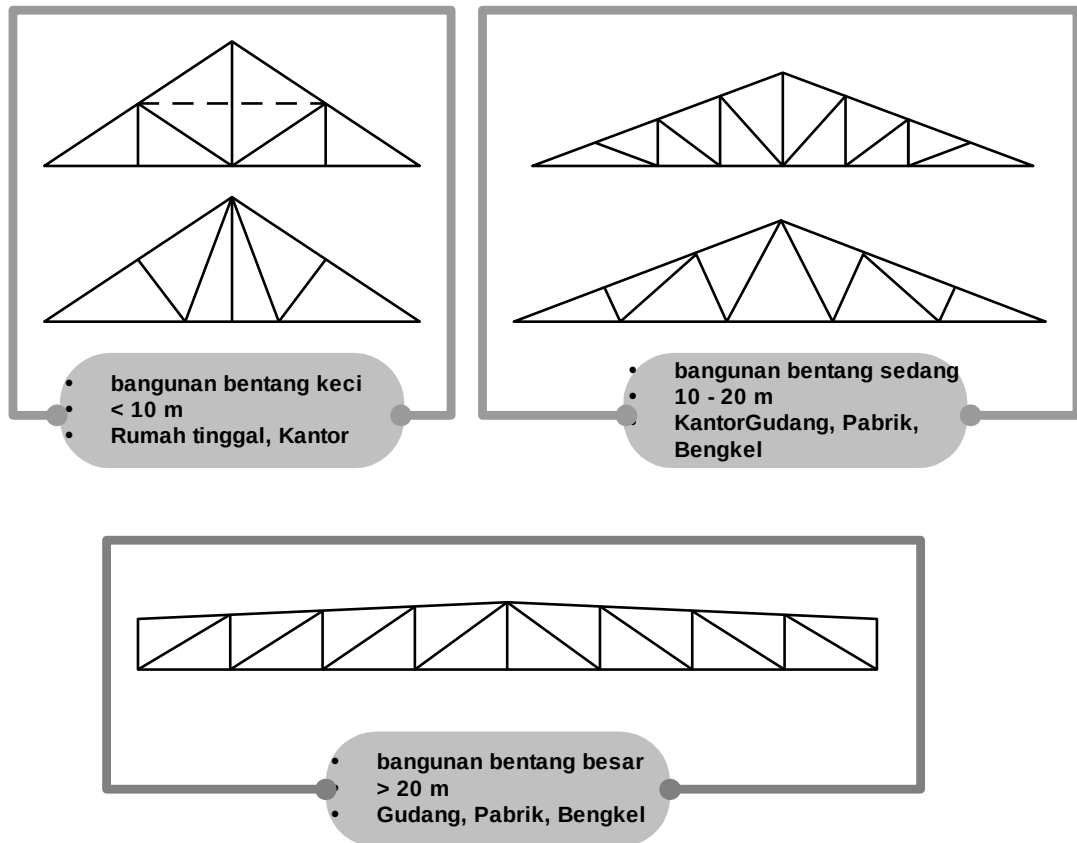
Tipe konstruksi/kuda-kuda yang digunakan untuk struktur atap sangat banyak, namun untuk bangunan tidak bertingkat (rumah, kantor, toko, gudang dan pabrik) tipe yang umum digunakan adalah seperti yang ditunjukkan dalam gbr.2.14.

d. Tipe sambungan

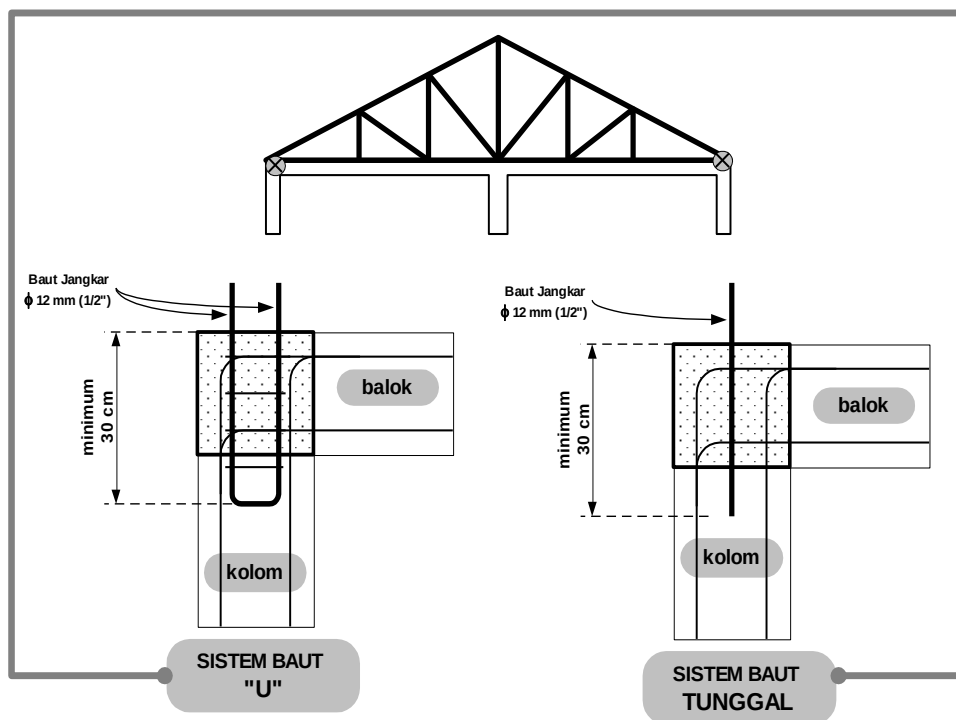
Jenis sambungan yang digunakan pada rangka atap, sangat tergantung dari jenis bahan rangka atap. Untuk bahan baja jenis sambungan yang umum dipakai adalah: sambungan baut, las, dan paku keling. Sedangkan untuk rangka atap kayu, umumnya menggunakan sistem sambungan : baut, paku dan sambungan pasak.

e. Hubungan antara struktur atap dengan ring balk

Guna menjaga stabilitas bangunan secara keseluruhan, khususnya terhadap pengaruh beban horizontal (angin dan gempa), maka antara rangka atap dengan ring balk harus diikat dengan cara tertentu sehingga terbentuk sistem perletakan jepit, sendi atau roll tergantung dari rencana perletakan yang telah ditetapkan. Titik ikat atau titik tumpu rangka atap dan detail sistem pengikat dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gbr. 2.14. Tipe/Jenis Konstruksi Atap Bangunan Tidak Bertingkat



Gbr. 2.15. Ikatan antara Rangka Atap dengan Balok/Kolom

2.8. Mutu Bahan.

Mutu bahan yang akan disampaikan di sini hanya berhubungan dengan mutu beton dan pasangan tembok.

- f. Kuat tekan beton untuk bangunan tidak bertingkat sebaiknya minimal 175 kg/cm^2 . Kuat tekan ini umumnya dapat dicapai dengan komposisi campuran : 1 semen : 2 pasir : 3 batu pecah (agregat kasar). Hal yang harus diperhatikan adalah jumlah air yang digunakan. Sebagai acuan untuk setiap zak semen (40 - 50 kg) memerlukan air sebanyak 25 sampai 35 liter air.
- g. Pasangan tembok yang difungsikan sebagai elemen struktur harus menggunakan spesi dengan kekuatan minimal 30 kg/cm^2 , sedangkan pasangan tembok non-struktur harus menggunakan spesi dengan kekuatan yang lebih rendah.

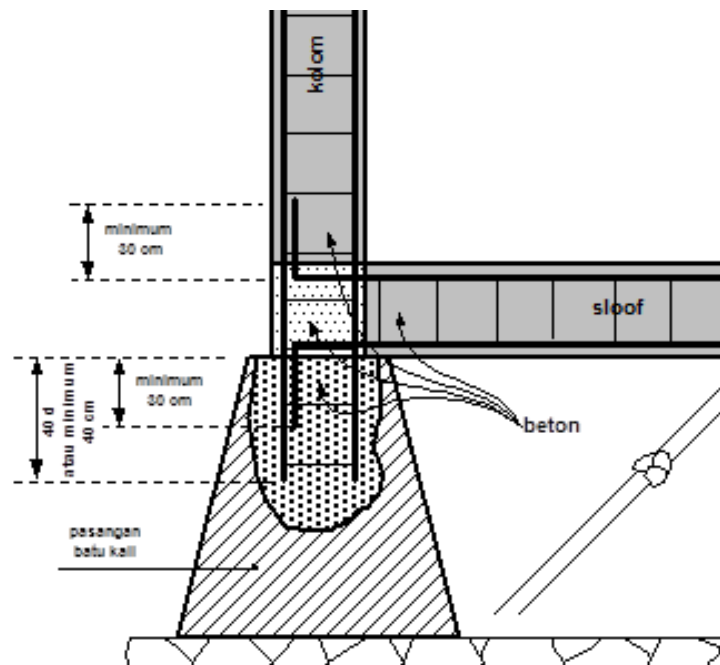
2.9. Detail Rangka Beton

Perilaku bangunan pada saat mengalami beban ekstrim baik akibat angin maupun gempa sangat tergantung dari detail struktur yang digunakan. Bangunan akan memberikan respon yang baik bila struktur bangunan didetail dan dilaksanakan secara baik dan benar. Dan akan memberikan respon yang merugikan (destructive) bila detail yang seharusnya dikerjakan diabaikan.

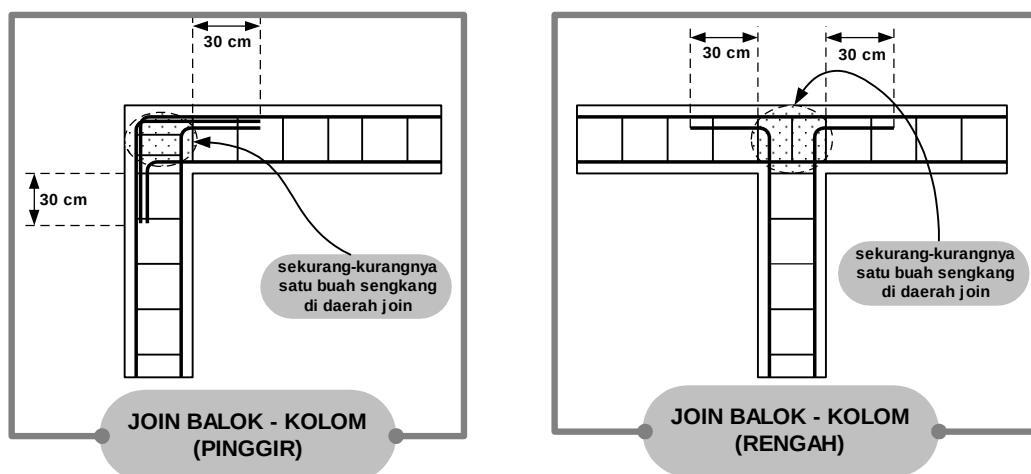
Berikut ini diberikan beberapa detail penting yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan bangunan rendah.

- a. Join kolom pondasi. Pembesian kolom harus masuk kedalam pondasi sekurang-kurangnya 30 cm, lihat gbr. 2.16. Syarat ini dimaksudkan agar kolom dan pondasi dapat terikat menjadi satu kesatuan sistem struktur.
- b. Join sloof kolom. Pembesian sloof harus masuk kedalam daerah kolom sekurang-kurangnya 30 cm, lihat gbr. 2.16. Dan bila dimensi kolom tidak memadai, maka tulangan sloof tersebut dibengkokkan ke atas dan ke bawah. Dengan kata lain menggunakan kait lurus.
- c. Join balok lantai dengan kolom. Secara umum prinsip join balok lantai kolom sama dengan join antara sloof kolom.
- d. Join ring balk kolom. Ada 2 tipe join yang ada pada pertemuan ring balk dengan kolom. Pertama, join antara kolom tepi dengan ring balk. Dan kedua, join antara kolom tengah dengan ring balk. Penjelasan lebih lanjut mengenai kedua join

tersebut dapat dilihat pada gbr. 2.17. Dalam ke dua join tersebut bagaimana tulangan balok diperpanjang masuk ke dalam tulangan kolom dan sebaliknya. Tujuannya agar bila terjadi gaya geser yang besar, kolom dan balok dapat mengembangkan kekuatannya sebagai bingkai pengaku secara penuh. Dalam gambar yang sama ditunjukkan pula, keharusan menempatkan satu sengkang di daerah join, tujuannya agar beton dan tulangan di daerah join terkekang secara baik, dengan demikian kemungkinan terjadi kegagalan geser dini dapat dihindari.



Gbr. 2.16. Join Kolom – Pondasi & Join Kolom-Slof



Gbr. 2.17. Contoh Join Kolom Balok

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Data

3.1.1. Jenis Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam data, yakni data primer dan data sekunder, yang dikumpulkan dari lokasi penelitian maupun dari sumber-sumber lain

Data primer adalah merupakan data yang diperoleh secara langsung dari lapangan yaitu dilakukan dengan teknik: pengamatan proses pengerjaan, pencatatan dan pengukuran, serta foto. Data primer tersebut meliputi informasi tentang: bahan, komposisi campuran, detail konstruksi, serta informasi umum tentang tukang yang mengerjakan bangunan yang diamati.

Data sekunder yang diambil adalah data administrasi Kelurahan, Administrasi RT, peta lokasi serta data hasil studi dari peneliti terdahulu.

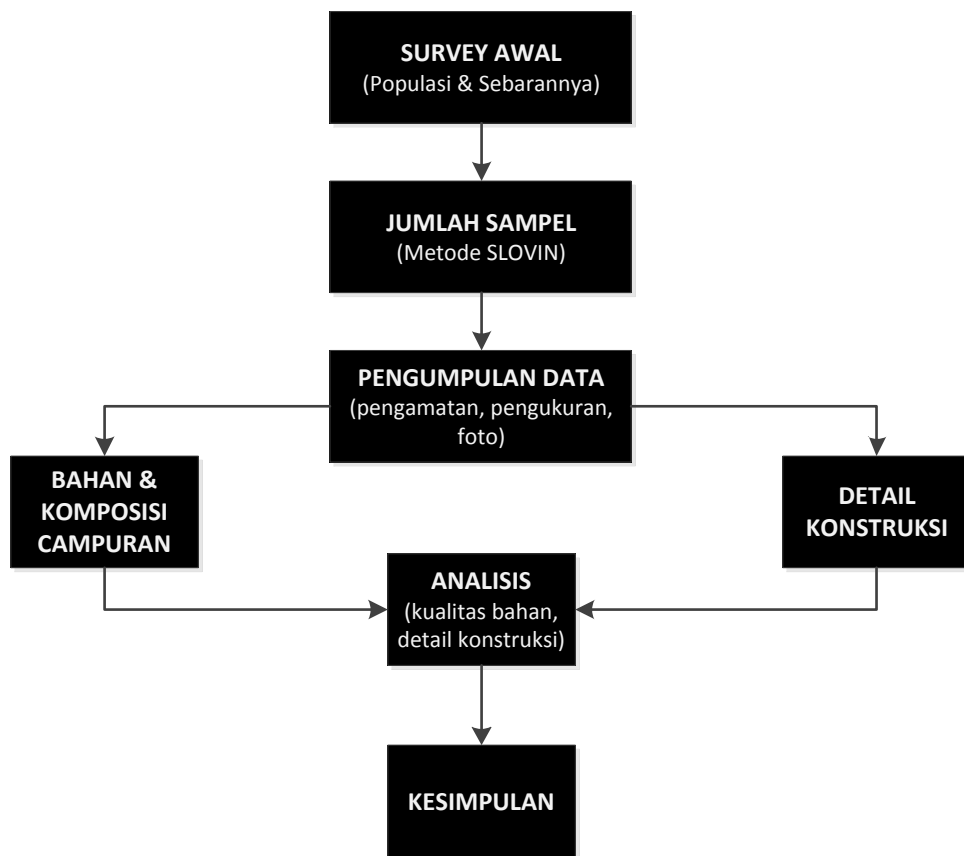
3.1.2. Sumber Data

Data primer bersumber dari pengamatan dan pengukuran lapangan serta wawancara dengan para tukang. Sedangkan data sekunder diperoleh dari kelurahan dan sumber perputakaan

3.2. Proses Penelitian dan Pengolahan Data

Proses penelitian dan pengolahan data dilakukan dengan mengikuti diagram alir yang diperlihatkan pada gambar 3.1. Dari diagram alir tersebut dapat dilihat bahwa kegiatan

penelitian ini akan melalui tahapan-tahapan seperti: survey awal, penentuan jumlah sampel yang akan diteliti, pengumpulan data lapangan, proses analisis dan kesimpulan.



Gambar. 3.1. Diagram Alir

3.2.1. Survey awal

Survey awal dilakukan untuk mengetahui jumlah populasi dari bangunan rumah tembok sederhana yang sedang dikerjakan di Kelurahan Penfui mulai dari RT-01 sampai dengan RT-30

3.2.2. Penentuan jumlah sampel

Jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan metode Slovin, dengan asumsi karakteristik sampel bersifat homogen. Sehingga jumlah sampel ditentukan dengan formula berikut ini:

$$n = \frac{N}{1 + N \times e^2}$$

Di mana:

N = jumlah populasi

n = jumlah sampel

e = persentase error

3.2.3. Analisis Data

Berdasarkan data-data yang diperoleh akan dilakukan evaluasi secara kualitatif, dengan membandingkan antara data-data hasil penelitian dengan konsep-konsep membangun di daerah gempa. Data-data yang dievaluasi :

1. Kualitas konstruksi. Ada dua hal yang diamati pada aspek ini:
 - a) Mutu bahan. Yang akan diamati adalah mutu dari agregat halus, agregat kasar, dan dimesin tulangan (tulangan memanjang dan sengkang) yang digunakan. Mutu agregat dievaluasi secara sederhana dengan mendata sumber quarry. Jika kuarnya berasal dari lokasi yang direkomendasikan oleh Dinas Pekerjaan Umum setempat maka material tersebut dianggap telah memenuhi syarat. Sedangkan untuk tulangan mengacu pada ketentuan SNI 03-1724-1989.
 - b) Mutu pekerjaan. Yang diamati dalam aspek mutu pekerjaan adalah, komposisi campuran dan kekentalan adukan. Mengingat campuran beton umumnya menggunakan perbandingan 1SM : 2PS : 3KR, maka faktor jumlah air menjadi faktor pengamatan utama.
2. Pendetailan. Hal-hal yang diamati pada aspek pendetailan struktur adalah:
 - a) Join Kolom – Pondasi, yakni panjang penyaluran tulangan kolom ke dalam pondasi.
 - b) Join Kolom – Balok, yakni panjang penyaluran tulangan balok ke daerah kolom dan sebaliknya. Lokasi pengamatan adalah, join sloof – kolom, join balok late – kolom, dan join ring balok – kolom.

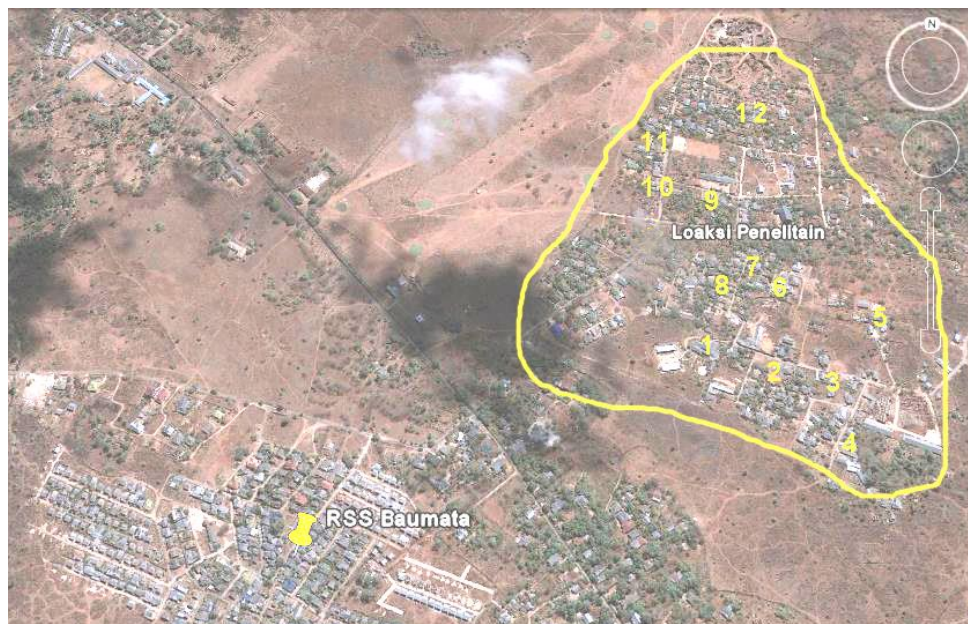
- c) Join dinding dengan kolom. Hal yang diamati adalah ada atau tidaknya angkur (pengikat pasangan bata/bataco dengan kolom) pada pertemuan dinding dengan kolom.
 - d) Buka an Dinding. Hal-hal yang dievaluasi adalah: posisi, luas serta ada tidaknya elemen pengaku bukaan.
 - e) Luas bidang dinding.
 - f) Tulangan kolom dan balok . Jumlah dan dimensi tulangan
 - g) Sengkang. Diamtere tulangan dan kaitan sengkang
3. Evaluasi system struktur dan perkuatannya..Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah bangunan-bangunan ini sudah memiliki system struktur pemikul beban lateral yang memadai. Selanjutnya dilakukan kajian kemungkinan perkuatannya.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan Sampel

Proses awal untuk mendapatkan sampel penelitian adalah melakukan pendataan di kawasan penelitian (Kelurahan Penfui). Dari hasil pengamatan diketahui bahwa jumlah rumah tembok sederhana yang sedang dibangun (tahun 2009) adalah sebanyak 46 rumah. Rumah-rumah tersebut tersebar pada 30 RT di Kelurahan Penfui.



Gambar-4.1 Sebaran titik-titik sampel

Dengan menggunakan formula SLOVIN (error 25%) dipeoleh jumlah sampel sebanyak 12 rumah. Rumah yang menjadi sampel dipilih dengan cara *acak cluster*, di mana populasi masing-masing RT ditentukan dengan menggunakan formula berikut ini:

$$S_{RT} = \frac{P_{RT}}{P_{TOT}} \times S_{TOT}$$

S_{RT} = Jumlah sampel pada suatu RT

P_{RT} = Populasi rumah yng sedang dibangun pada suatu RT

P_{TOT} = Populasi rumah yang sedang dibangun di kelurahan Penfui

S_{TOT} = Jumlam sampel total

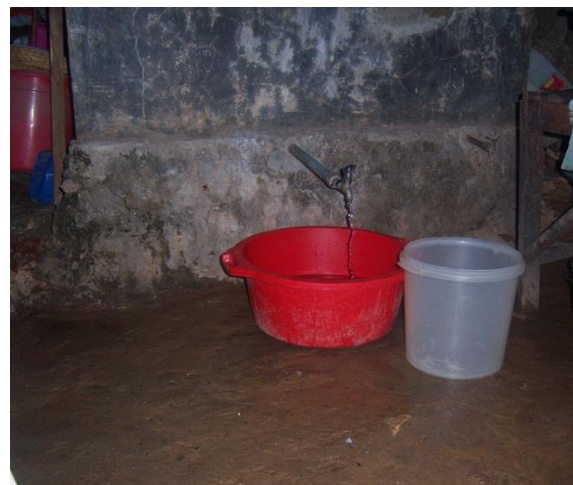
4.2. Data Bahan Bangunan

1. Air

Tabel 4.5 menunjukkan data air yang digunakan pada pekerjaan konstruksi rumah sederhana di lokasi penelitian. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa sumber air yang digunakan adalah air yang berasal dari sumur bor dan PDAM (Perusahaan Daerah Air Minum). Air dari kedua sumber ini juga digunakan sebagai air minum bagi warga.

Standar SNI 03-2847-2002 menetapkan air untuk pekerjaan konstruksi bangunan (pekerjaan beton, pasangandan plester) harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak seperti mengandung oli/minyak, Alkali, Garam, bahan organik, atau bahan lain yang merugikan beton atau tulangan. Secara sederhana dapat dikatakan, air untuk pekerjaan beton, pasangan dan plester haruslah air bersih dan dapat diminum.

Dengan adanya fakta bahwa sumber air yang ada digunakan juga sebagai air minum, maka secara teoritis sumber air yang digunakan oleh masyarakat pada lokasi penelitian ini memenuhi syarat teknis sebagai sumber air untuk pekerjaan konstruksi bangunan. Walaupun sumber air yang ada memenuhi syarat, namun tetap ada masalah khususnya pada saat penanganan/penampungan air sebelum digunakan, dimana tumbuhnya lumut pada sebagian besar bak penampungan air yang terbuka terhadap sinar matahari.. Lumut-lumut tersebut sering terbawah dalam campuran yang tentu dapat memberikan efek negatif pada ikatan mortar dengan batuan, mortar dengan besi beton maupun kekuatan mortar sendiri.



Gambar 4.2. Tempat penampungan air untuk pekerjaan konstruksi.

Table 4.1. Data sumber, tampungan dan mutu air

No	Sumber Air	Tampungan	Syarat	Keterangan
S-1	sumur bor	bak penampung dari pasangan batu (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, mengingat bak air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil
S-2	sumur bor	bak penampung dari pasangan batu	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, masalah pada bak penampung yang terbuka terhadap sinar matahari sehingga mudah tumbuh lumut
S-3	PDAM	bak penampung dari pasangan batu (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, mengingat bak air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil
S-4	PDAM	bak penampung dari pasangan batu (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, mengingat bak air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil
S-5	sumur bor	bak penampung dari terpal	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, masalah pada bak penampung yang terbuka terhadap sinar matahari sehingga mudah tumbuh lumut
S-6	sumur bor	Tanki dari fiber (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, tanki air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil
S-7	PDAM	bak penampung (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, mengingat bak air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil
S-8	sumur bor	bak penampung dari terpal	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, masalah pada bak penampung yang terbuka terhadap sinar matahari sehingga mudah tumbuh lumut
S-9	sumur bor	bak penampung dari pasangan batu (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, mengingat bak air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil
S-10	PDAM	bak penampung dari pasangan batu (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, mengingat bak air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil
S-11	sumur bor	bak penampung dari terpal	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, masalah pada bak penampung yang terbuka terhadap sinar matahari sehingga mudah tumbuh lumut
S-12	sumur bor	bak penampung dari pasangan batu (tertutup)	air bersih dan dapat diminum	sumber air yg sama digunakan juga untuk air minum, mengingat bak air tertutup maka resiko tumbuh lumut relatif kecil

Sumber: Hasil pengamatan di lapangan

2. Agregat Kasar (Batu Pecah)

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat kasar diartikan sebagai kerikil hasil disintegrasi alamiah dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Syarat-syarat fisik dan kimia diatur dalam ASTM C33, sedangkan dalam SNI 03-2847-2002 hanya mengatur sifat fisik yang berkaitan dengan ukuran maksimum agregat yang dikaitkan dimensi elemen struktur dan jarak tulangan.

Tabel 4-6 menunjukkan data fisik agregat kasar yang digunakan di lokasi-lokasi pembangunan rumah sederhana. Umumnya masyarakat menggunakan batu pecah tangan (manual) dengan ukuran dominan adalah kombinasi batu pecah ukuran 2/3 dan 3/5. Secara kasat mata dapat dilihat bahwa agregat kasar yang ada umumnya tergolog bergradasi seragam atau dapat juga dikatakan bersifat gap-grading, di mana, butiran berukuran 0.5 sampai 2 cm sangat sedikit dijumpai. Type agregat ini dikenal dengan *gab grading aggregate*. Kelemahan pada type ini adalah dapat terjadi segregasi dan dapat merubah/mengganggu workability dari adukan beton pada saat pengecoran. Namun keuntungannya mengurangi pemakaian semen dan memperkecil draing shrinkage ⁽¹⁾.

Mengingat agregat kasar ini diperoleh dari hasil pecah tangan, karena itu umumnya tidak disaring atau dicuci, sehingga cukup banyak ditemukan serpihan halus dan abu sebagai hasil sampingan yang terbawa dari proses pemecahan batu. Foto pada gambar 4.3 memperlihatkan gambar close-up dari butiran agregat yang memperlihatkan bahwa butiran-butiran agregat tersebut bersifat seragam.



Gambar 4.3. Agregat kasar yang digunakan (batu pecah)

Table 4.2. Sumber, ukuran dan mutu agregat kasar

No	sumber	ukuran	permukaan	deleterious substance
S-1	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-2	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-3	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-4	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-5	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-6	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-7	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-8	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-9	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-10	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-11	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu
S-12	batu pecah (manual)	kombinasi 2/3 dan 3/5	kasar dan bersudut	ditemukan serpihan kecil, dan partikel debu

Sumber: Hasil pengamatan di lapangan

3. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus atau pasir alam didefinisikan sebagai pasir hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm, (SNI-03-2847-2002). Syarat yang harus diperhatikan menerus dan bersih dari partikel halus. Agregat halus untuk pekerjaan beton umumnya bebutiran kasar (<5mm), sedang untuk pekerjaan plesteran harus berbutir lebih halus. Pasir yang terlalu halus jika digunakan pada pekerjaan beton akan menyebabkan pemampatan semen yang tinggi untuk mencapai kuat tekan yang sama. Sedang jika pasir terlalu kasar digunakan untuk pekerjaan plesteran dapat menghasilkan permukaan plesteran yang kasar atau tidak halus.

Tabel 4.7 menunjukkan pasir yang digunakan pada lokasi penelitian. Sifat fisik yang tercantum dalam tabel tersebut merupakan hasil pengamatan secara visual, kecuali kadar Lumpur yang dilakukan pengetesan dengan metode sederhana (gelas berisi air dan pasir yang dikocok lalu didiamkan beberapa saat untuk selanjutnya dihitung tinggi endapan Lumpur).

Table 4.3. Sumber, ukuran dan mutu agregat halus

No	Sumber	Jenis	Peruntukan	Kadar Lumpur	Keterangan
S-1	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton	tinggi	TIDAK MEMENUHI SYARAT, kadar lumpur terlalu tinggi
		Halus (dominan berbutir halus)	plesteran dan pasangan	tinggi	
S-2	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton, pasangan & plesteran	rendah	MEMENUHI SYARAT (untuk pek. Plesteran pasin disaring)
S-3	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton, pasangan & plesteran	rendah	MEMENUHI SYARAT (untuk pek. Plesteran pasin disaring)
S-4	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton	rendah	MEMENUHI SYARAT (untuk pek. Plesteran pasin disaring)
		Halus (dominan berbutir halus)	plesteran dan pasangan	rendah	
S-5	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton	tinggi	TIDAK MEMENUHI SYARAT, kadar lumpur terlalu tinggi
		Halus (dominan berbutir halus)	plesteran dan pasangan	tinggi	
S-6	pasir kali	Halus (dominan berbutir halus)	cor beton, pasangan & plesteran	tinggi	TIDAK MEMENUHI SYARAT, kadar lumpur terlalu tinggi
S-7	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton	tinggi	TIDAK MEMENUHI SYARAT, kadar lumpur terlalu tinggi
		Halus (dominan berbutir halus)	plesteran dan pasangan	tinggi	
S-8	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton	tinggi	TIDAK MEMENUHI SYARAT, kadar lumpur terlalu tinggi
		Halus (dominan berbutir halus)	plesteran dan pasangan	tinggi	
S-9	pasir kali	Halus (dominan berbutir halus)	cor beton, pasangan & plesteran	rendah	dominan butiran halus, baik untuk plesteran, tetapi mahal untuk pek. Beton
S-10	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton	tinggi	TIDAK MEMENUHI SYARAT, kadar lumpur terlalu tinggi
		Halus (dominan berbutir halus)	plesteran dan pasangan	tinggi	
S-11	pasir kali	Halus (dominan berbutir halus)	cor beton, pasangan & plesteran	rendah	dominan butiran halus, baik untuk plesteran, tetapi mahal untuk pek. Beton
S-12	pasir kali	Kasar (dominan berbutir kasar)	cor beton	rendah	MEMENUHI SYARAT (untuk pek. Plesteran pasin disaring)
		Halus (dominan berbutir halus)	plesteran dan pasangan	rendah	

Sumber: Hasil pengamatan di lapangan



Gambar 4.4. Agregat halus (Pasir Alam)

Dari data di atas terlihat bahwa 7 sampel (58%) menggunakan jenis pasir yang berbeda untuk pekerjaan beton/pasangan dan plesteran, sisanya menggunakan pasir dari jenis yang sama. Dari pengamatan kadar lumpur diketahui bahwa 5 sampel (42%) memiliki kadar lumpur yang tergolong tinggi.

4. Semen

Semen yang digunakan untuk semua sampel bangunan adalah semen portlan type-I (Bosowa dan Geresik), memenuhi standar mutu yang ditetapkan dalam SNI. Semua semen disimpan dalam ruangan tertutup (beratap) dan diletakan di atas balok atau papan sebagai alas. Secara umum dapat disimpulkan bahwa mutu semen cukup terjaga.



Gambar 4.5. Cara menyimpan semen

5. Batu Bata

Bahan untuk pasangan dinding menggunkan bataco, bata tanah putih, dan bata merah. Tabel 4-4 menunjukan type/jenis bata yang digunakan pada setiap sampel bangunan. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa kualitas bata yang digunakan umumnya relati rendah, yang dapat dilihat dari ciri-ciri fisik seperti mudah compeng dan pecah bila jatuh, serta sepihannya yang mudah dipecahkan bila diremas dengan tangan.

Table 4.4. Deskripsi bahan batu bata

No	bahan	Deskripsi
S-1	bataco (bahan dasar: semen+pasir)	rapih, tekstur permukaan cukup padat, variasi mutu antara bata cukup tinggi sebagai bata memiliki sudut-sudut yang lepas
S-2	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-3	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-4	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-5	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-6	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-7	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-8	bata merah (bahan dasar: Lempung)	bata merah, tidak seragam, mulai dari coklat muda sampai merah bata (pembakaran tidak merata), mudah pecah
S-9	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-10	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-11	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh
S-12	bata tanah putih (bahan dasar: tanah putih)	permukaan kasar (tanah putih tidak disaring dengan ukuran saring yang sesuai), mayoritas sudut-sudut bataco compeng terkesan rapuh

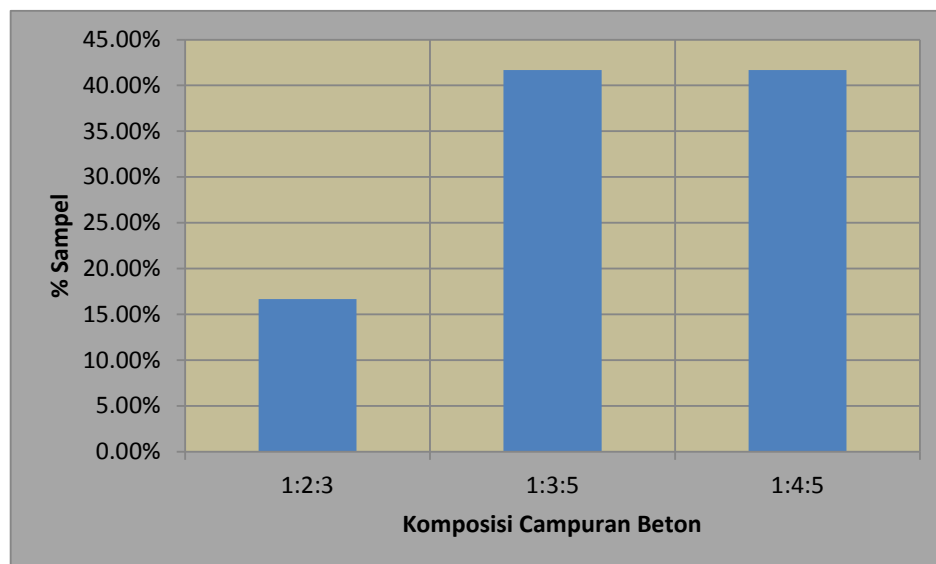
6. Baja Tulangan

Untuk semua sampel baja tulangan yang digunakan adalah diameter 10 mm untuk tulangan memanjang dan diameter 6 mm untuk sengkang. Semuanya menggunakan tulangan polos. Pada semua sampel tidak ditemukan kode SIN yang menunjukkan bahwa bahan tersebut telah memenuhi spesifikasi Standar Nasional Indonesia. Jenis tulangan ini umum digunakan pada bangunan-bangunan tidak bertingkat di kota Kupang dan juga di semua wilayah NTT. Dari pengalatan terhadap peristiwa Gempa Flores 1992 dan Alor 2004 pada terhadap bangunan tidak bertingkat, terlihat bahwa jenis tulangan ini dapat digunakan sejauh pendetailannya dikerjakan dengan baik (sesuai dengan standarr minimal yang ditetapkan).

7. Data Campuran

Dari hasil pengamatan lapangan diketahui bahwa data campuran beton dan mortar untuk pasangan seperti tercantum dalam *Tabel-4.5* gambar 4.6. Data tersebut hanya memperlihatkan rasio campuran antara SEMEN : PASIR : AGREGAT KASAR untuk campuran beton dan SEMEN : PASIR untuk campuran mortar. Data pemakaian air tidak tersedia.

Campuran beton umumnya menggunakan 1SM : 4PS : 5:KR dan 1SM : 3PS : 5KR masing-masing 41.67%, sedangkan komposisi campuran 1SM : 2PS : 3KR hanya 16.67% dari jumlah sampel. Bila dilihat dari kekentalan adukan, penggunaan air dapat dipastikan di atas 50% berat semen, karena umumnya adukan yang ada relatif sangat encer.

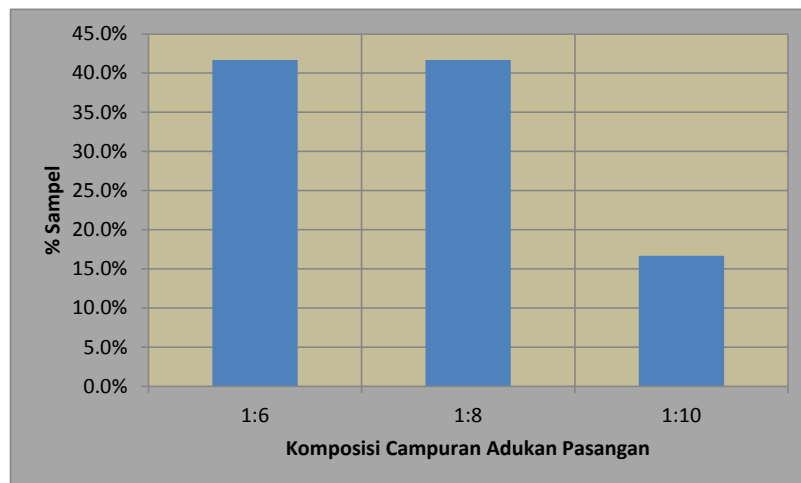


Gambar 4.6. Porsentase komposisi campuran beton

Tabel-4.5 Komposisi campuran Betaon dan Mortar Untuk Pasangan

SAMPEL	ITEM PENGAMTAN	DATA	SYARAT	STATUS	KET
S-1	Campuran Beton	1:3:5	1:2:3	TMS	Berdasarkan hasil pengamatan secara visual di lapangan, campuran atau mutu beton dari sampel 1-12, Tidak sesuai dengan SNI sehingga mutu beton tidak mencapai 7,5 Mpa atau K-200
	Campuran Pasangan	1:6	1:5	TMS	
S-2	Campuran Beton	1:3:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:8	1:5	TMS	
S-3	Campuran Beton	1:4:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:8	1:5	TMS	
S-4	Campuran Beton	1:3:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:10	1:5	TMS	
S-5	Campuran Beton	1:4:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:8	1:5	TMS	
S-6	Campuran Beton	1:3:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:6	1:5	TMS	
S-7	Campuran Beton	1:4:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:8	1:5	TMS	
S-8	Campuran Beton	1:3:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:6	1:5	TMS	
S-9	Campuran Beton	1:2:3	1:2:3	MS	
	Campuran Pasangan	1:6	1:5	TMS	
S-10	Campuran Beton	1:2:3	1:2:3	MS	
	Campuran Pasangan	1:6	1:5	TMS	
S-11	Campuran Beton	1:4:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:10	1:5	TMS	
S-12	Campuran Beton	1:4:5	1:2:3	TMS	
	Campuran Pasangan	1:8	1:5	TMS	

Sumber: Hasil wawancara



Gambar 4.7 Porsentase komposisi campuran “Adukan Pasanga”

Adukan untuk pasangan batu umumnya menggunakan campuran 1SM : 6 PS dan 1SM : 8PS, lihat tabel 4-5 atau gambar 4.7. Penggunaan air untuk pasangan umumnya relatif baik, di mana adukan relatif cukup plastis dan mudah dikerjakan.

Dari data mengenai komposisi campuran beton maupun adukan pasangan dapat dilihat bahwa baik mutu beton maupun mutu adukan umumnya berada di bawah mutu bahan yang diharapkan. Untuk pekerjaan beton hanya 16.67% yang memenuhi persyaratan (menggunakan campuran 1:2:3). Sedangkan untuk pekerjaan pasangan umumnya tidak memenuhi persyaratan, di mana semua campuran menggunakan komposisi di atas 1:5.

8. Data Detail Tulangan

Data yang direkam adalah data yang berkaitan dengan: dimensi elemen kolom dan balok, diameter tulangan memanjang, jumlah tulangan memanjang, diameter sengkang, dan jarak sengkang. Data ini disajikan dalam tabel 4-6 dan tabel 4-7.

Tabel 4-6 Data pembebsian kolom

SAMPSEL	TULANGAN MEMANJANG				SENGKANG				TIPE BEUGEL			
	Item Pengamatan	Data	Syarat	Status	Item Pengamatan	Data	Syarat	Status	Item Pengamatan	Data	Syarat	Status
S-1	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	5d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-2	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	3	4	TMS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	5d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-3	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	15 cm	15 cm	MS	P/L	4d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-4	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	3	4	TMS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	6d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-5	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS

	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	5d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-6	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	25 cm	15 cm	TMS	P/L	5d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-7	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	6d _b	6d _b	MS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-8	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	4d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-9	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	5d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-10	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	30 cm	15 cm	TMS	P/L	5d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-11	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	4d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								
S-12	Ukuran	10/10	15/15	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	6d _b	6d _b	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	10 mm	MS								

Tabel 4-7 Data pembebsian sloof dan ring-balk

SAMP L	TULANGAN MEMANJANG				SENGKANG				TIPE BEUGEL			
	Item Pengamat an	Dat a	Syar at	Statu s	Item Pengamat an	Dat a	Syar at	Statu s	Item Pengamat an	Dat a	Syar at	Statu s
S-1	Ukuran	15/2 0	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS

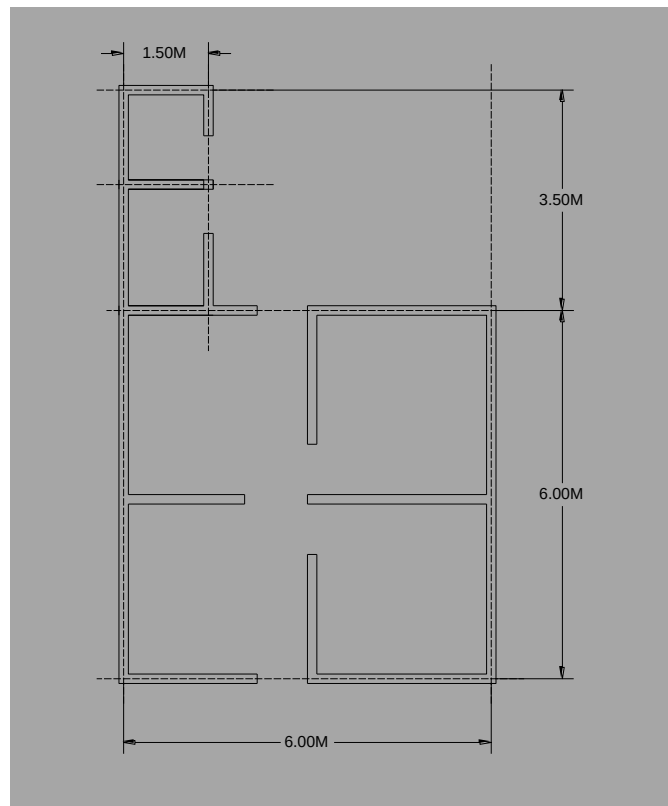
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	3 cm	5 cm	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-2	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	3	4	TMS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	4 cm	5 cm	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-3	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	15 cm	15 cm	MS	P/L	5 cm	5 cm	MS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-4	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	3	4	TMS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	6 cm	5 cm	MS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-5	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	5 cm	5 cm	MS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-6	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	25 cm	15 cm	TMS	P/L	4 cm	5 cm	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-7	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	3 cm	5 cm	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-8	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	3 cm	5 cm	
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-9	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	4 cm	5 cm	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-10	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	30 cm	15 cm	TMS	P/L	5 cm	5 cm	MS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-11	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	6 cm	5 cm	MS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								
S-12	Ukuran	15/20	15/20	TMS	Diameter (Ø) mm	6 mm	8 mm	TMS	Bengkokan	90°	135°	TMS
	Jumlah Batang	4	4	MS	Jarak (cm)	20 cm	15 cm	TMS	P/L	4 cm	5 cm	TMS
	diameter (Ø) mm	10 mm	12 mm	TMS								

4.3. Kajian Elemen Struktur

4.3.1. Dimensi dan konfigurasi bangunan

Pada bangunan-bangunan sederhana, kombinasi antara dimensi bangunan (juga dimensi ruangan) dengan konfigurasi horizontal bangunan (bentuk denah bangunan), merupakan salah satu faktor penentu kerusakan bangunan. Dimensi bangunan dan atau dimensi ruangan yang besar menyebabkan elemen struktur seperti kolom, balok maupun sloof tidak mampu mengikat bangunan menjadi satu kesatuan dalam merespon guncangan gempa. Hal yang sama juga terjadi pada kasus-kasus bangunan yang berkonfigurasi tidak sederhana. Jadi jika kedua ciri tersebut ada pada satu bangunan, maka potensi kerusakan bangunan tersebut akan relatif besar.

Dari data lapangan diketahui umumnya bangunan masyarakat di daerah penelitian berukuran kecil (rata-rata 6 X 6.5 m²). Secara umum juga bentuk bangunan tergolong sederhana. Dari 12 sampel yang diteliti hanya 3 bangunan (25%) yang berkonfigurasi tidak sederhana dalam bentuk tonjolan pada daerah KM/WC dan dapur seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.8



Gbr. 4.8 Type denah bangunan dengan tonjolan

Dengan tinggi bangunan yang tidak terlalu besar (bevariasi antara 3.0 sampai dengan 3.5 meter), maka luas bidang tembok bangunan-bangunan tersebut maksimum 9 sampai dengan 10.5 meter persegi. SIN 1726-1989 membatasi luas bidang tembok di zona gempa 2 (setara dengan zona gempa 5 dalam SNI-03 - 1726 – 2002), 7.5 m² untuk tembok luar atau yang berbatasan dengan jalan keluar, serta 11.5 m² untuk tembok lainnya. Kedua batasan tersebut berlaku untuk bangunan-bangunan yang berada di atas tanah keras seperti kondisi tanah yang berada di lokasi penelitian.

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa aspek konfigurasi bangunan maupun dimensi bangunan bukan merupakan masalah utama/serius pada bangun perumahan rakyat di daerah penelitian.

4.3.2. Pondasi

Sebagian besar wilayah Kotamadya Kupang berada diatas lapisan batu gamping lunak sampai dengan keras. Lapisan batu gamping ini umumnya ditemui pada kedalaman 0.5 – 1 meter dari permukaan tanah dan dengan ketebalan yang sangat besar. Di lokasi penelitian lapisan permukaan tanah terdiri dari campuran koral lepas dengan lempung yang cukup padat, lihat *gambar 4.9*.

Galian pondasi dilakukan secara manual, dan umumnya dihentikan bila ditemui bongkahan batu besar ataupun lapisan tanah keras. Karena itu kedalaman galian pondasi tidak beraturan bervariasi antara 15 cm sampai dengan 40 cm, *lihat tabel 4-8*.

Sistem pondasi yang digunakan adalah pondasi menerus, dengan sloof sebagai unsur pengikat atau pengaku tambahan. Data mengenai dimensi/ukuran pondasi ditunjukkan pada *table 4-9* dan secara visual diperlihatkan pada *gambar 4.10*.

Ancaman pada pondasi yang ada umumnya karena mutu pasangan yang rendah dan kedalaman yang tidak mencukupi untuk menghindari erosi yang mungkin terjadi (ketika musim hujan) sepanjang umur bangunan. Walau demikian karena masa bangunan yang tidak terlampau besar dan umur bangunan yang tidak terlalu panjang (15-20 tahun), maka pondasi bangunan tersebut masih memadai baik dimensi maupun kualitasnya untuk melayani distribusi beban bangunan selama umur bangunan tersebut. Kesimpulan ini berdasarkan hasil pengamatan lapangan atas bangunan sejenis dengan metode kerja yang sama dapat bertahan sampai 15 – 20 tahun.

Tabel 4.8. Informasi atau data kedalaman galian pondasi

Sampel	Dimensi Galian	Data	Syarat	Keterangan
S-1	Kedalaman galian pondasi (cm)	20 - 40cm	Sampai tanah keras, cukup dalam untuk menghindari erosi (> 30 cm)	Kemampuan pondasi untuk mendistribusikan beban di nilai cukup, namun kedalam dasar pondasi dinilai kurang memadai pada beberapa titik dari bangunan, karena kurang dari syarat yang diperlukan untuk menghindari erosi jangka panjang
	Lebar galian pondasi (cm)	50 cm		
S-2	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	30 cm		
S-3	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	60 cm		
S-4	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	60 cm		
S-5	Kedalaman galian pondasi (cm)	20 - 40cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	60 cm		
S-6	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	40 cm		
S-7	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	40 cm		
S-8	Kedalaman galian pondasi (cm)	10 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	40 cm		
S-9	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	50 cm		
S-10	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	40 cm		
S-11	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	40 cm		
S-12	Kedalaman galian pondasi (cm)	15 - 40 cm		
	Lebar galian pondasi (cm)	30 cm		

Sumber: Hasil pengamatan dilapangan



Gambar 4.9 Galian pondasi, kedalaman dan lebar galian

Tabel 4.8. Informasi atau data dimensi pondasi

Sampel	Dimensi Pondasi	Data	Syarat	Keterangan
S-1	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm	30 cm (berdasarkan data pada bangunan disekitarnya yang telah berdiri lama dan tidak mengalami kerusakan akibat kegagalan pondasi)	30 cm (dengan daya dukung tanah $\pm 1 \text{ kg/cm}^2$, daya dukung pondasi per-meter panjang pondasi $\pm 3 \text{ T/m}^2$)
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-2	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-3	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-4	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		beban yang bekerja pada pondasi jalur $\pm 1.3 \text{ T/m}^2$ (estimasi peneliti dengan asumsi dinding tembo 3.5 meter berat atap + plafon per meter panjang $\pm 200 \text{ kg}$)
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-5	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-6	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-7	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-8	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-9	Lebar atas pondasi(cm)	15 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		

S-10	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-11	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		
S-12	Lebar atas pondasi(cm)	20 cm		
	Lebar bawah pondasi (cm)	30 cm		

Sumber: Hasil pengamatan dilapangan

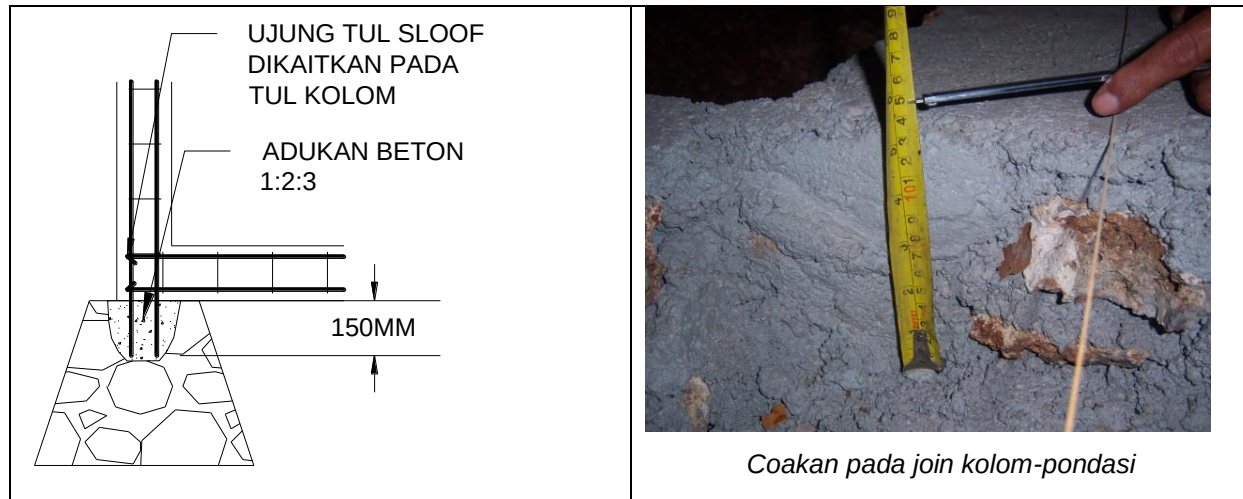


Gambar 4.10 Dimensi pasangan pondasi

4.3.3. Join Kolom-Pondasi

Yang dimaksudkan dengan join kolom-pondasi adalah system ikatan yang digunakan antara elemen kolom dengan pondasi, yakni menyangkut *panjang pengangkuran* tulangan kolom kedalam pondasi, serta material pengikat tulangan kolom dengan pasangan pondasi. Dengan demikian yang akan diamati adalah: (1) panjang pengakuran, (2) adukan pengikat.

Sifat join kolom pondasi sangat tergantung dari praktek pelaksanaan pasangan pondasi. Pada umumnya pondasi dikerjakan terlebih dahulu baru dikerjakan atau dipasang tulangan kolom. Di mana pada titik pertemuan kolom dengan pondasi disiapkan suatu lubang dengan ukuran kurang lebih 20 X 20 cm serta dengan kedalaman yang bervariasi antara 10 sampai dengan 15 cm, lihat gambar 4.11.a dan 4.11.b. Teknik ini merupakan teknik yang paling populer atau umum diterapkan pada pelaksanaan konstruksi bangunan rumah sederhana yang dikerjakan secara swakelola.



Gambar 4.11. Pertemuan pondasi - kolom

Dari pengamatana terhadap pola kerusakan bangunan akibat gempa Flores 1992, gempa Pantar 1987 dan gempa Alor 2004 diketahui bahwa sangat sedikit terjadi kerusakan bangunan milik masyarakat sebagai akibat dari kesalahan atau kelemahan join kolom pondasi. Hal ini dikarenakan bangunan milik masyarakat (rumah sederhana) umumnya berukuran kecil, dimana denah bangunan umumnya berukuran 6 X 7 m², dengan tinggi tembok bervariasi antara 3.0 m sampai dengan 3.5 meter. Dengan dimensi bangunan seperti ini, luas per-bidang tembok umumnya relatif kecil (9.0 m² sampai 10.5 m²). Sedangkan pada bangunan yang berukuran besar seperti bangunan sekolah dasar, kegagalan join kolom-pondasi terjadi di beberapa bangunan. Dari pengalaman atas kegagalan bangunan di atas dapat disimpulkan bahwa detail join kolom pondasi yang digunakan masyarakat memang tidak memenuhi syarat aman menurut pedoman teknis yang berlaku, tetapi masih tergolong aman.

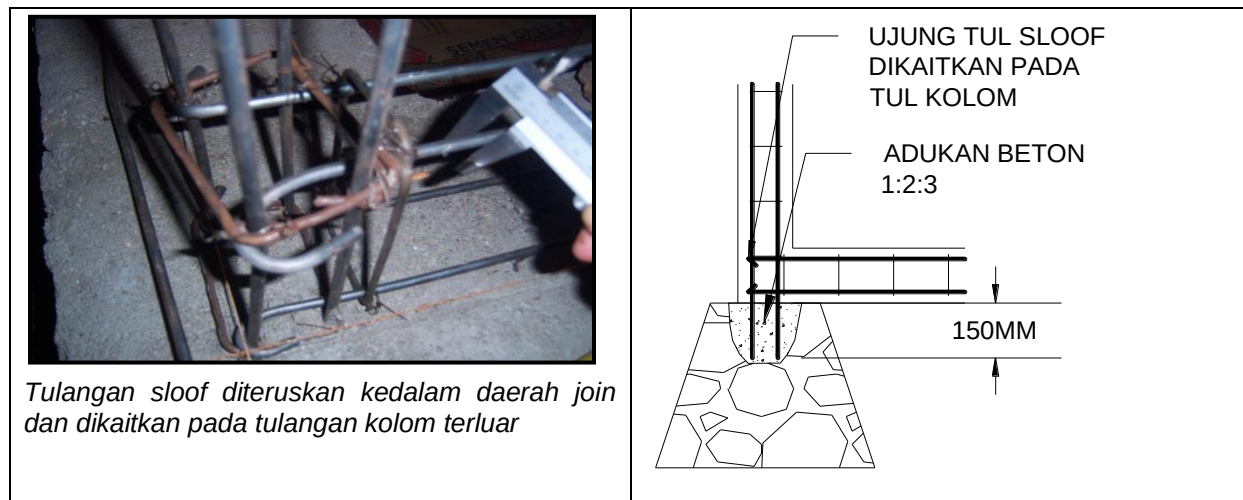
4.3.4. Pertemuan Kolom-Sloof

Dari ke-duabelas sampel yang diteliti ditemukan dua masalah utama yakni : pertama, panjang penyaluran yang tidak memadai, dan kedua : tidak terpasangnya sengkang didaerah pertemuan kolom-sloof. Umumnya tulangan sloof hanya diteruskan sampai menyentuh tulangan kolom paling luar. Dalam beberapa kasus, tulangan sloof diberi kaitan 180^o sehingga dapat mengait tulangan kolom paling luar seperti pada gambar 4.12. Dalam praktek, konsep “*penyaluran tulangan*” menjadi sulit diterapkan karena dua hal, yakni,

pertama, dimensi kolom dan juga balok relatif kecil, dan kedua, instalasi tulangan sloof umumnya dilakukan setelah pondasi pasang selesai dikerjakan.

Pada saat menerima beban gempa, sudut-sudut bidang tembok akan menerima konsentrasi gaya tekan yang tinggi, akibatnya join kolom-sloof juga akan mengalami konsentrasi tegangan tekan yang tinggi juga. Secara teoritis kondisi ini dapat menimbulkan kegagalan join, jika tulangan sloof tidak di salurkan/diteruskan kedalam daerah kolom dengan panjang penyaluran yang memadai.

Dari beberapa kejadian gempa di NTT, kegagalan join umumnya terjadi pada bangunan dengan ukuran yang relatif besar seperti pada bangunan sekolah dasar dan perkantoran. Sedangkan pada rumah tinggal kejadian ini jarang/tidak ditemui. Karena itu walaupun kekurangan atau ketidak tepatan penerapan detail join kolom-sloof harus menjadi perhatian (diperbaiki) ancaman kegagalan bangunan akibat kekuarangan ini pada bangunan rendah relatif kecil.



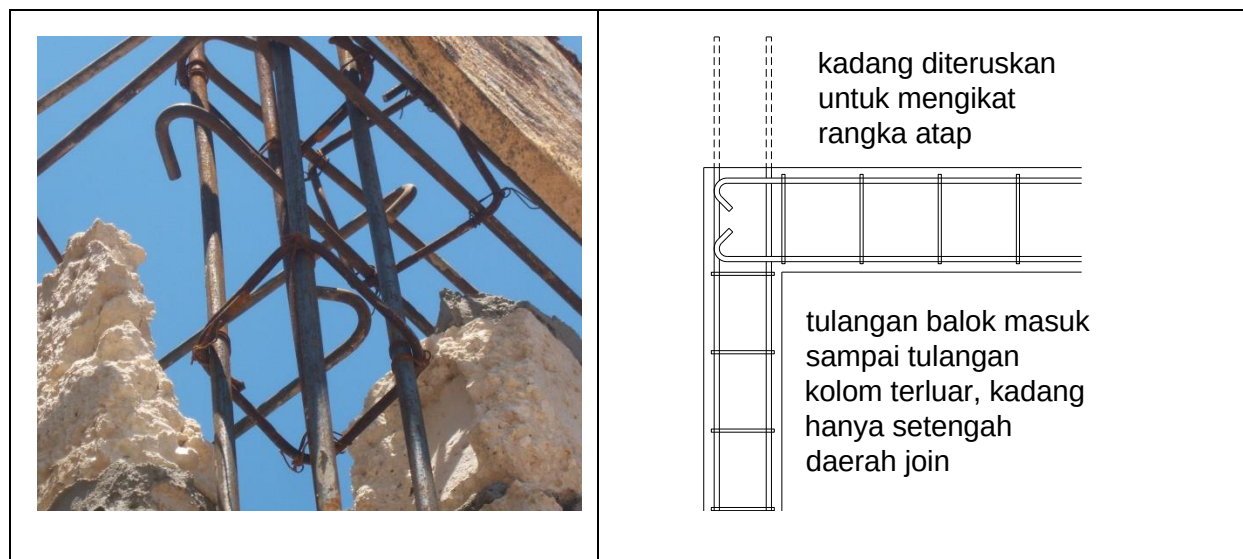
Gambar 4.12. Pertemuan sloof dan kolom

4.3.5. Pertemuan Kolom-Ringbalk

Masalah yang ditemui pada join kolom dengan ring-balk sama dengan apa yang ditemui pada join kolom-sloof, yakni tidak adanya panjang penyaluran, baik pada tulangan balok maupun pada tulangan kolom. Secara umum tulangan balok hanya dimasukan kedalam daerah join sampai dengan tulang kolom terluar. Dalam beberapa kasus, dimasukan seadanya, yakni hanya melampau tulang kolom pada sisi dalamnya, seperti yang terlihat pada gambar 4.13. Hal yang sama juga terjadi pada tulangan kolom, dimana tulangan

kolom dihentikan pada pertemuannya dengan tulang balok terluar (sisi atas). Dalam beberapa kasus, tulangan kolom diteruskan keluar daerah join dengan tujuan untuk mengikat kedudukan rangka atap, lihat sket pada gambar yang sama.

Dari pengalaman kerusakan bangunan akibat gempa di wilayah NTT, dapat diketahui bahwa potensi kegagalan join kolom-ring balok jauh lebih besar/sering dibandingkan dengan kegagalan join kolom-sloof, walaupun detail join yang digunakan relatif sama, lihat gambar 4.14 dan 4.15. Dengan pengalaman ini dapat disimpulkan ancaman kerusakan bangunan akibat kegagalan join kolom-ring blok pada bangunan-bangunan di daerah studi tergolong tinggi, karena join –join yang ada tidak dikerjakan secara baik/benar.



Gambar 4.13. Pertemuan kolom dan ringbalk



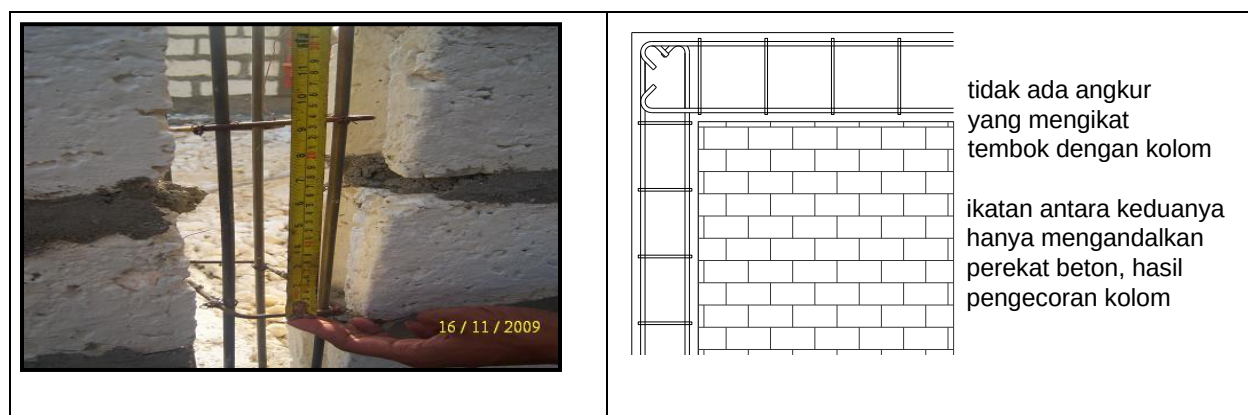
Gambar 4.14. Kegagalan join kolom-ring balok (gempa Flores 1992)



Gambar 4.15. Kegagalan join kolom-ring balok (gempa Flores 1992)

4.3.6. Pertemuan Dinding Dengan Kolom

Hubungan antara tembok dengan kolom menjadi salah satu faktor penting yang menentukan pola dan tingkat kerusakan bangunan pada saat terjadi gempa kuat. Secara teoritis sebaiknya ikatan antara tembok dengan kolom harus dilakukan sedemikian rupa sehinggakolom dan tembok berespon sebagai satu kesatau pada saat menerima beban gempa. Metode yang direkomendasikan agar kolom dan tembok menjadi satu elemen bangunan adalah dengan memberi angkur pada tiap jara tertentu.



Gambar 4.16. Pertemuan dinding dengan kolom

Data lapangan menunjukan, tidak satu bangunanpun menggunakan angkur sebagai cara membangun kekuatan ikatan anantara tembok dengan kolom. Ikatan antara kolom

dengan tembok hanya mengandalkan adukan beton yang mengikat kolom dan tembok, dimana ikatan ini terjadi karena pengecoran kolom dilakukan setelah bidang tembok terpasang.

Gempa Flores 1992 menunjukkan bahwa ikatan antara tembok dengan kolom yang terbangun melalui aduk beton di atas tidak cukup kuat untuk menerima gaya geser pada saat gempa kuat. Gambar 4.17 menunjukan pola kerusakan dari salah satu bangunan pada saat gempa Flores 1992. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa retak memanjang sepanjang bidang pertemuan antara kolom dengan tembok terjadi akibat mekanisme gaya geser yang disebutkan di atas.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa bangunan-bangunan yang menjadi sampel penelitian ini tidak memiliki kekuatan geser yang cukup untuk menerima gaya gempa, khususnya pada saat mengalami gempa kuat.



Gambar 4.17. Kegagalan join kolom-tembok (gempa Flores 1992)

4.3.7. Perkuatan Pada Sisi Bukaan

Adanya bukaan pintu dan atau jendela pada suatu bidang tembok menjadi titik lemah dari elemen tembok tersebut khususnya jika mengalami gempa yang cukup berarti/kuat. Retak-retak pada bidang tembok biasanya berawal dari sudut bukaan dan menjalar ke arah sudut-sudut bidang tembok terdekat. Pola retak seperti yang diuraikan ini dapat dilihat pada

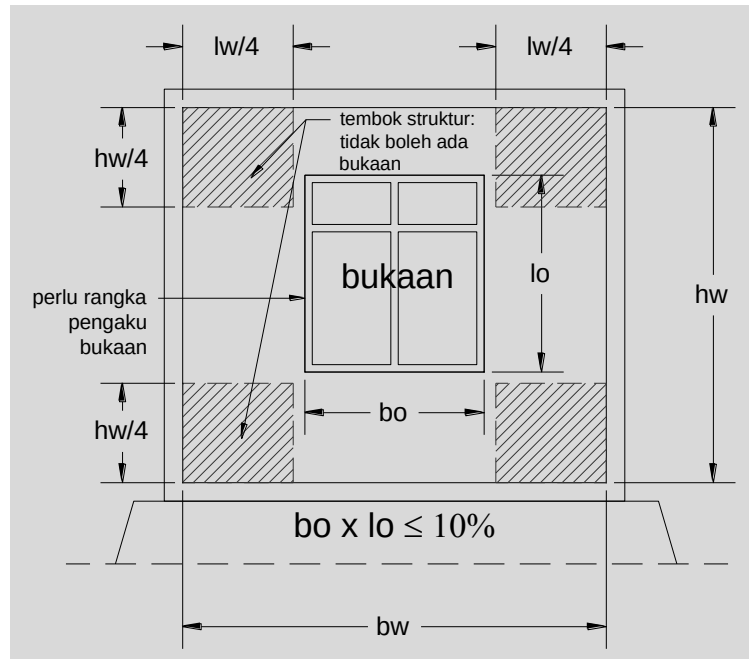
gambar 4.17, 4.18 dan 4.19. Kerusakan akan semakin besar bila mutu material tembok (bataco, spesi pasangan dan plesteran) rendah.



Gambar 4.18. Pola kerusakan pada bukaa tembok (gempa Alor, 2004)



Gambar 4.19. Kerusakan tembok akibat bukaan (gempa Flores 1992)



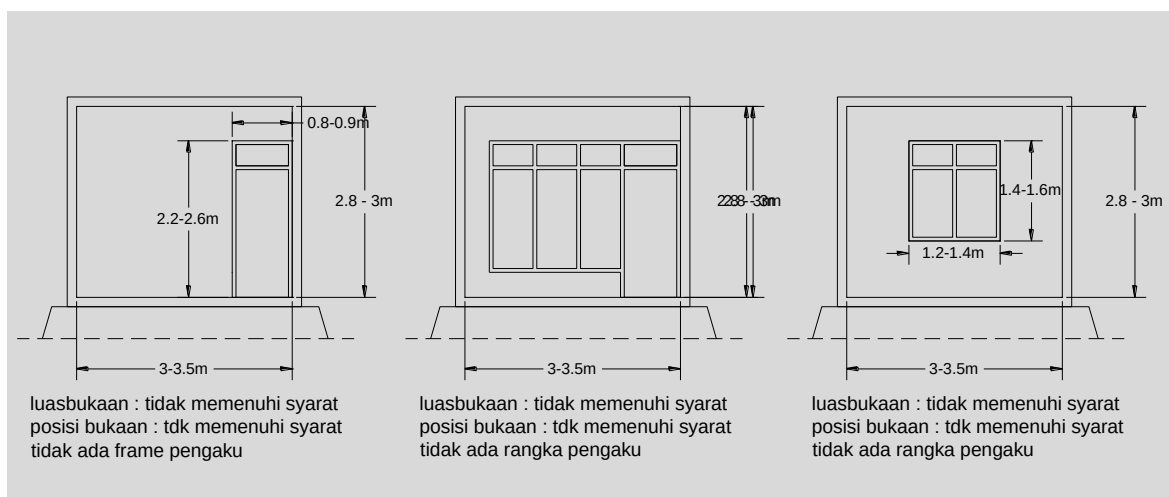
Gambar 4.20. Ketentuan bukaan tembok sesuai dengan SIN 03-1734-1989



Gambar 4.21. Bukaan tembok pada salah satu sampel bangunan

Menurut ketentuan SIN 03-1734-1989, untuk setiap tembok struktur harus memenuhi ketentuan yang berkaitan dengan: pembatasan luas bukaan dan posisi bukaan, lihat gambar 4.20. Sedangkan untuk tembok yang tidak berfungsi sebagai elemen struktur tidak berlaku pembatasan bukaan sebagaimana diuraikan di atas.

Dari data lapangan diketahui bahwa posisi bukaan pada bidang tembok umumnya mengikuti pola bukaan seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.22. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa hampir semua bidang tembok dengan bukaan tidak memenuhi syarat baik menyangkut posisi bukaan, luas bukaan maupun ada/tidaknya rangka pengaku bukaan.



Gambar 4.22. Pola bukaan tembok

4.3.8. Luasan Bidang Dinding

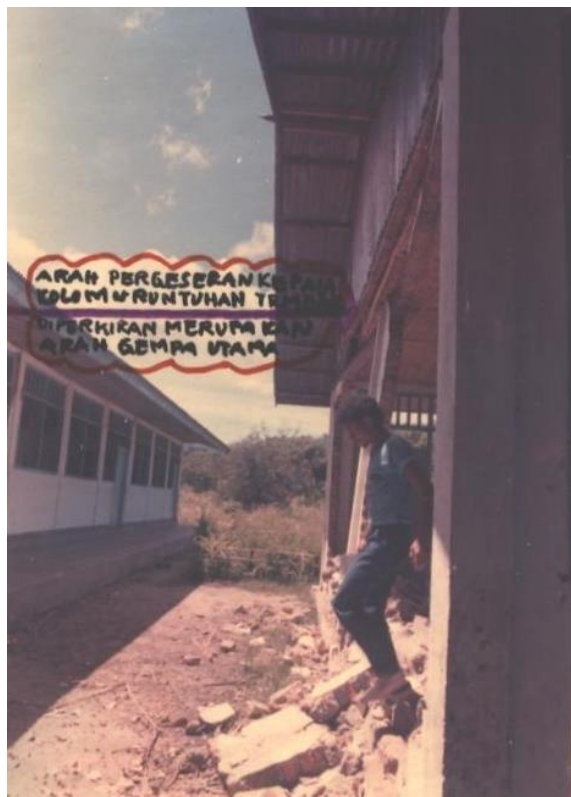
Seperti yang telah disampaikan di atas, bahwa bangunan-bangunan yang diteliti merupakan bangunan/rumah sederhana dengan ukuran rata-rata 6 X 6.5 m², sehingga rata-rata ukuran ruangnya rata-rata $\pm 3 \times 3.5$ m². Dengan tinggi bangunan yang bervariasi antara 2.8 m sampai dengan 3.2 meter, maka luas bidang tembok berkisar antara 8.4 m² sampai dengan 11.2 m². Gambaran mengenai luas bidang tembok dapat dilihat pada gambar 4.23 dan gambar 4.24

SNI 03-1734-1989 menetapkan ukuran luas bidang tembok maksimum untuk wilayah gempa 2 yang berdiri di atas tanah keras (Kota Kupang dan sekitarnya) sebesar 7.5 m² untuk tembok luar bangunan atau yang berbatasan dengan jalan keluar dan 11.5 m² untuk tembok lainnya. Dengan demikian untuk tembok luar bangunan dan tembok yang berbatasan dengan jalan keluar, semuanya tidak memenuhi ketentuan di atas. Sedangkan untuk tembok lainnya, sebagiannya terpenuhi dan sebagian lainnya tidak. Secara umum dapat dikatakan bahwa masyarakat termasuk para tukang umumnya tidak/belum mengerti atau mengetahui tentang pentingnya pembatasan luas bidang tembok bagi bangunan-bangunan di daerah rawan gempa.

Gambar 4.22 menunjukkan kerusakan (hancurnya) bidang tembok sekolla dasar di Kecamatan Pantar Kabupaten Alor propinsi NTT pada gempa Pantar 1987. Luas bidang tembok $\pm 12.25 \text{ m}^2$ ($3.5 \times 3.5 \text{ m}$) seluruhnya hancur akibat kombinasi gaya geser dengan beban muka yang bekerja pada bidang tembok tersebut.



Gambar 4.23. Visual luas bidang tembok ($\pm 3.2 \times 3.0 \text{ m}^2$)



Gambar 4.24 Kerusakan tembok akibat akibat luas bidang terlampaui besar (gempa pantar 1987)

4.3.9. Rangka Atap

Yang akan dibicarakan di sini adalah mengenai ikatan rangka atap dengan bagian bangunan di bawahnya khususnya kolom dan ring-balok. SNI 03-1734-1989 mengharuskan agar rangka atap diikat secara kuat dengan bagian struktur bangunan pendukungnya. Ketentuan ini dimaksudkan agar rangka atap tidak bergeser atau terlepas dari dudukannya pada saat mengalami gempa kuat.

Pengalaman dari gempa Flores 1992 menunjukkan bahwa jika kedudukan rangka atap tidak diangkur secara baik, maka sebagian atau bahkan seluruh bagian rangka atap akan lepas dan jatuh, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.25



Gambar 4.25. Lepasnya rangka atap dari kedudukan ring-balok (gempa Flores 1992)

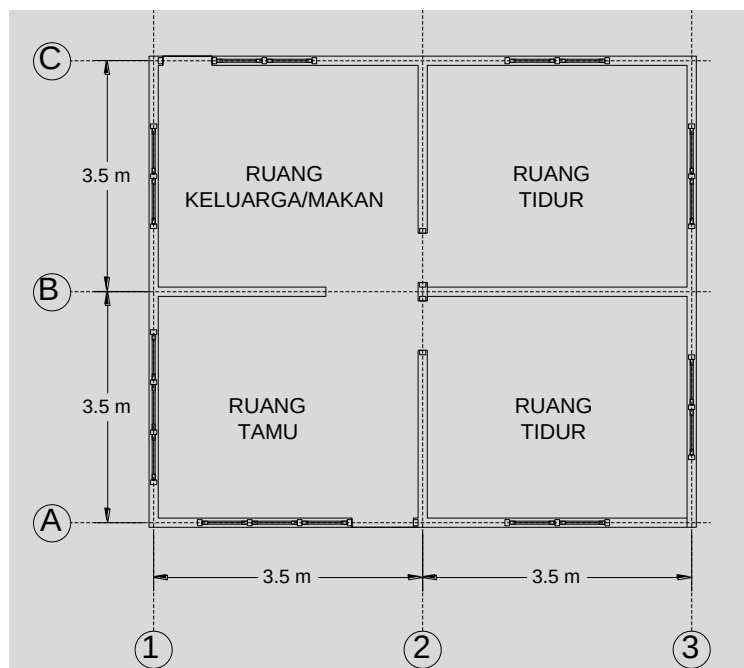


Gambar 4.26. Pertemuan rangka atap dengan tumpuan

Gambar 4.26 menunjukkan sistem pengangkur yang umum digunakan masyarakat pada hampir semua simple bangunan. Cara yang digunakan adalah dengan meneuskan tulangan kolom keluar atau jika rangka atap tidak duduk tepat di atas kolom maka dipasang angkur sekurang-kurangnya 2 batang besi diamtere 8 mm sepanjang 20 – 30 cm. Akur atau tulangan kolom yang menjulur keluar tersebut selanjutnya diikat pada balok bawah dari rangka atap, seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.24. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa masalah ikatan antara rangka atap dengan ring-balok atau kolom sudah dikerjakan dengan baik oleh para tukang.

4.4. Kajian Sistem Struktur

Pada bangunan tidak bertingkat, seperti bangunan-bangunan yang menjadi obyek penelitian ini, sistem struktur yang biasa digunakan adalah sistem *dinding gesesr (shear Wall)*. Sistem ini dapat berupa dinding beton bertulang, dinding (bata) bertulang, dan rangka beton dengan dinding pengisih (pasangan bata). Berdasarkan data yang telah tersaji pada sub-bab 4.3, dapat dipastikan bahwa kemungkinan system struktur yang digunakan adalah *rangka beton bertulangan dengan dinding pengisih*. Pertanyaannya adalah apakah dinding-dinding tersebut dapat difungsikan atau berfungsi optimal sebagai system pemikul beban lateral.



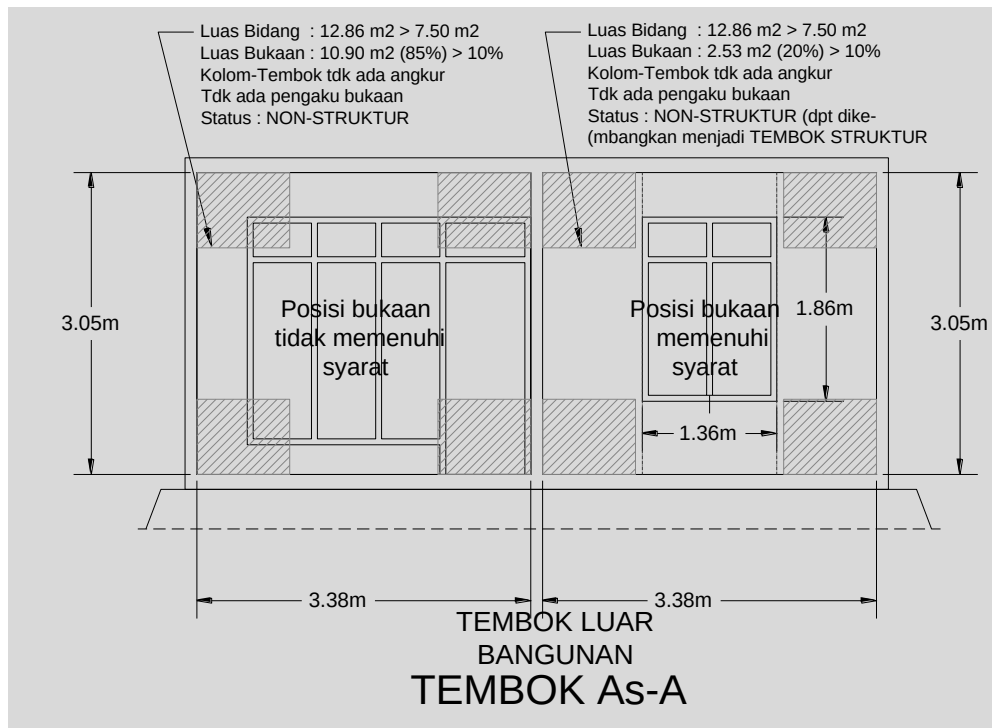
Gambar 4.27 Type lay-out (dominan) banguana didaerah studi

Guna keperluan evaluasi, maka digunakanlah satu model bangunan yang dianggap dapat mewakili karakter bangunan di daerah penelitian. Dengan bertolak dari ciri umum bangunan di daerah penelitian yang ada umumnya berdimensi kecil ($6.0 \times 6.0 \text{ m}^2 - 7.0 \times 7.0 \text{ m}^2$), simetris atau sederhana, memiliki empat ruang utama, dan dengan tinggi terbesar 3.2 m, maka di bangunan sebuah model seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.27.

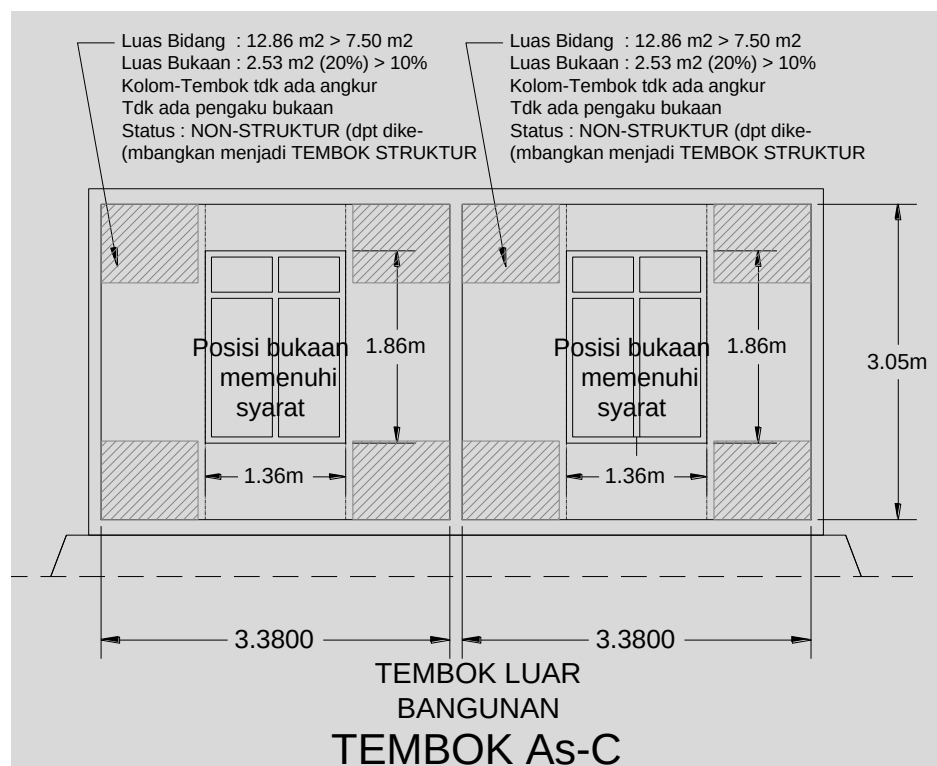
SNI 03-1734-1989 mengevaluasi bidang tembok yang dapat difungsikan sebagai elemen struktur berdasarkan kriteria-kriteria tertentu yang berkaitan dengan mutu, ukuran, konfigurasi bidang tembok, dan detail detail yang harus dipenuhi. Syarat-syarat yang dimasukkan antara lain:

- 1) Bata merah, bataco, adukan pasangan dan adukan plesteran harus memiliki kuata tekan di atas 30 kg/cm^2 atau 3 MPa.
- 2) Tebal plesteran sekurang-kurangnya 1.0 cm dan tebal tembok akhi sekurang-kurangnya 11 cm
- 3) Luas maksimum satu bidang tembok (yang dibatasi oleh kolom dan ring balok) disesuaikan dengan wilayah gempa dimana bangunan tersebut berada, jenis tanah, dan posisi tembok di dalam bangunan atau tembok luar bangunan. Untuk bangunan di lokasi penelitian (wilayah gempa 5 dan di atas tanah keras) dibatasi 7.5 m^2 untuk tembok luar bangunan atau tembok yang berbatasan dengan jalan kelua dan 11.5 m^2 untuk jenis tembok lainnya.
- 4) Bukaan tembok dibatasi luasnya tidak melampaui 10 % dari luas bidang tembok. Sedangkan posisi bukaan diharapkan tidak pada sudut-sudut tembok. Jika terdapat bukaan, keliling bukaan tersebut harus diberi rangka pengaku dari beton bertulang.
- 5) Join antara kolom dengan tembok harus di pasang angkur dengan jarak maksimum 60 cm atau setiap 3 susun bataco.
- 6) Rangka beton bertulang harus didetail sehingga mampu mengekang tembok secara penuh ketika tembok mengalami gempa kuat.

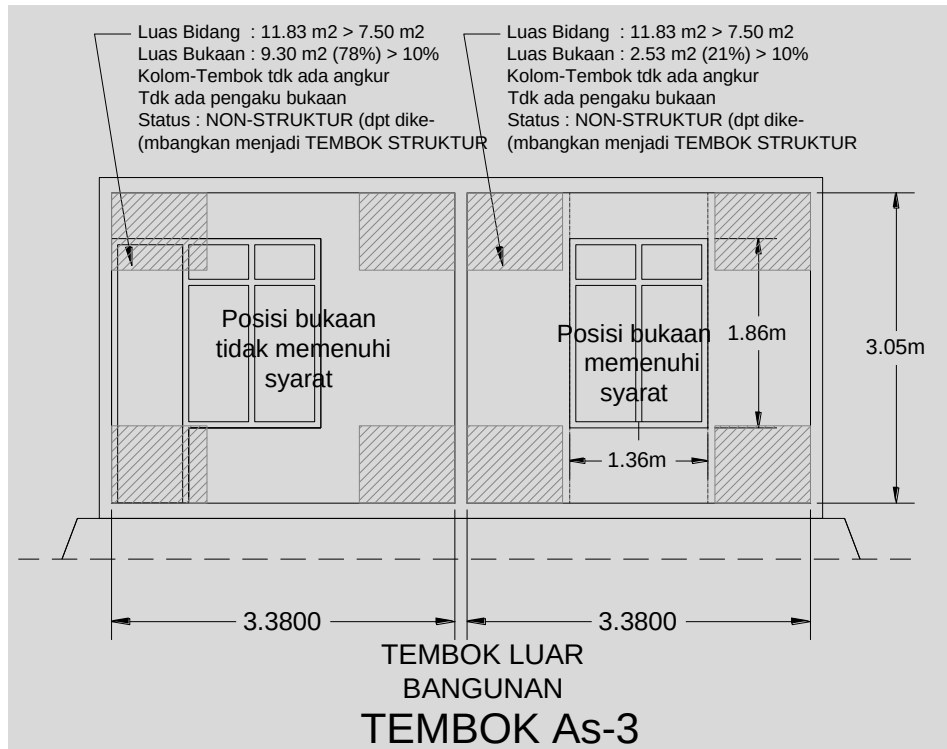
Berdasarkan kriteria ini maka dilakukan evaluasi terhadap semua bidang tembok dari model bangunan di atas dan hasilnya seperti tercantum dalam gambar 4.28 sampai dengan 4.33. Dari hasil evaluasi tersebut dapat disimpulkan bahwa bidang-bidang tembok dari model bangunan tersebut semuanya tidak memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai bidang tembok pemikul beban lateral. Namun sebagiannya dapat diperbaiki dan dikembangkan menjadi tembok struktur dengan melakukan beberapa perkuatan.



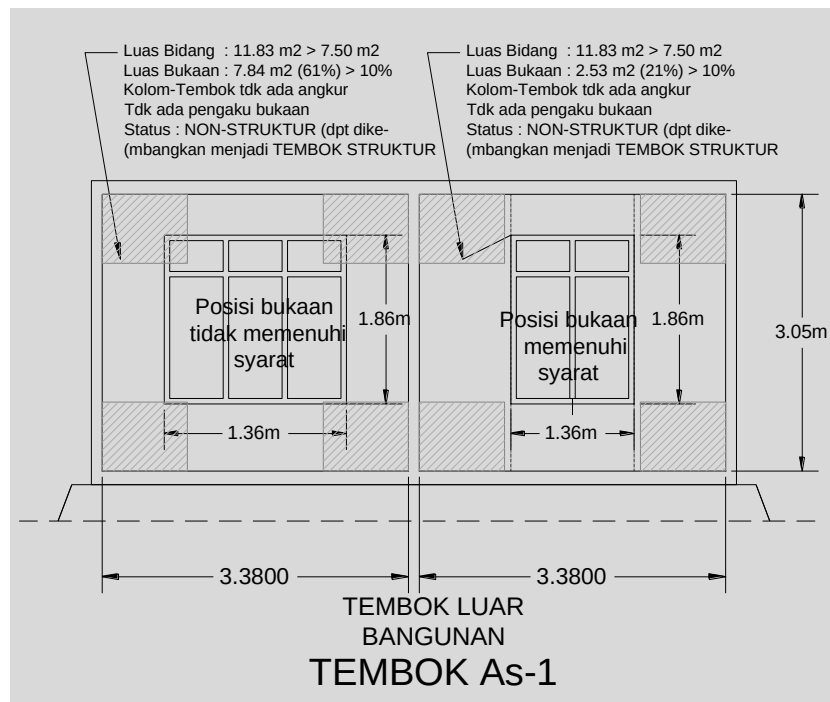
Gambar 4.28 Evaluasi tembokAs-A



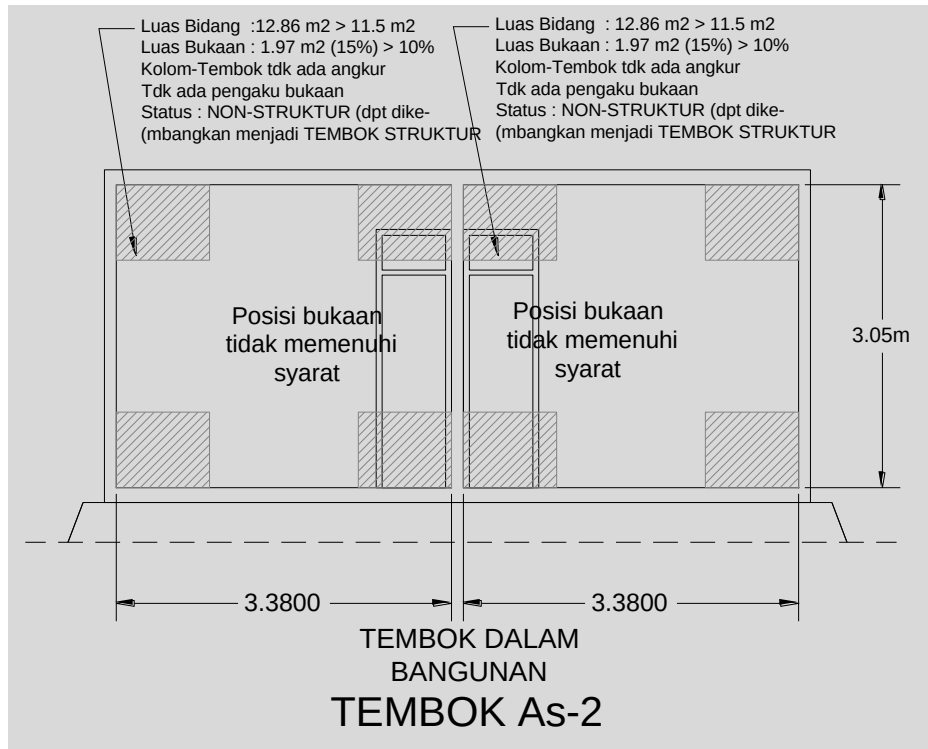
Gambar 4.29 Evaluasi tembokAs-C



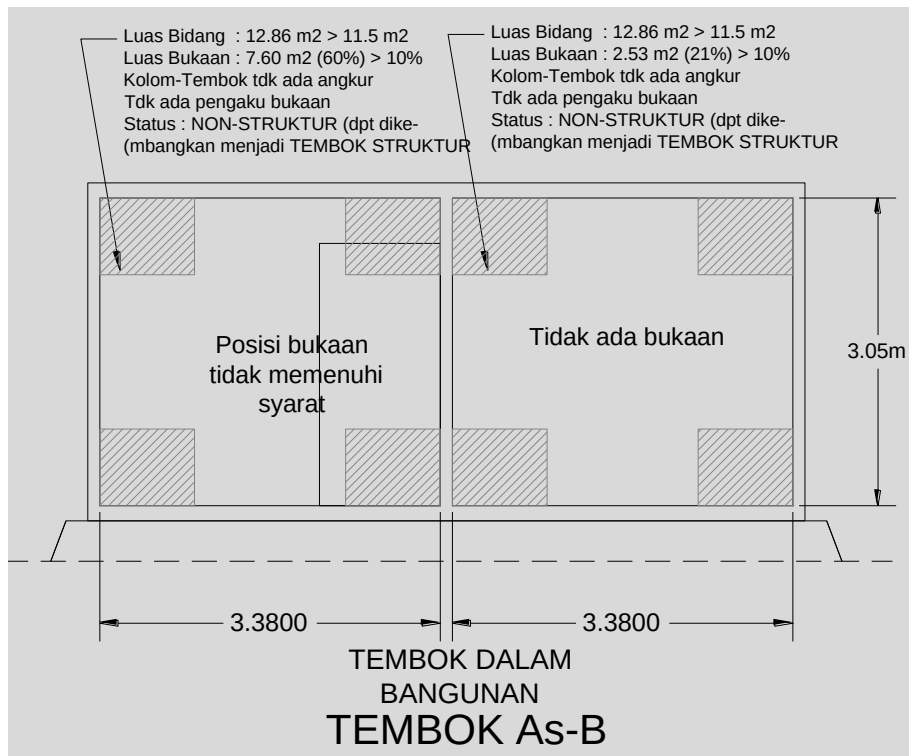
Gambar 4.30 Evaluasi tembokAs-3



Gambar 4.31 Evaluasi tembokAs-1



Gambar 4.32 Evaluasi tembokAs-2

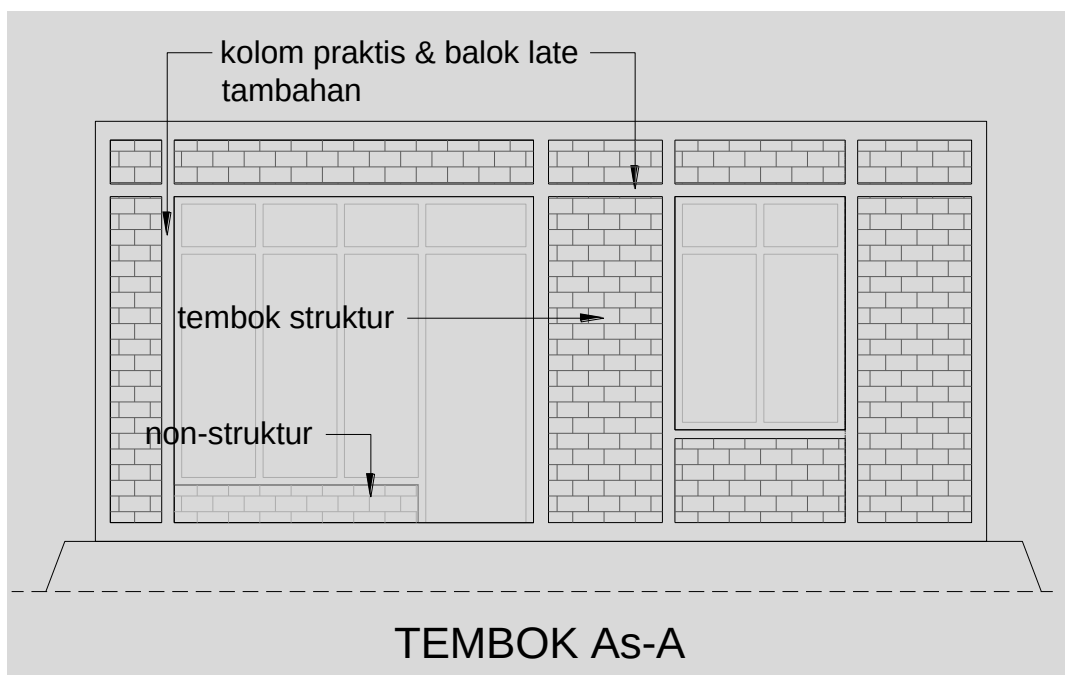


Gambar 4.33 Evaluasi tembokAs-B

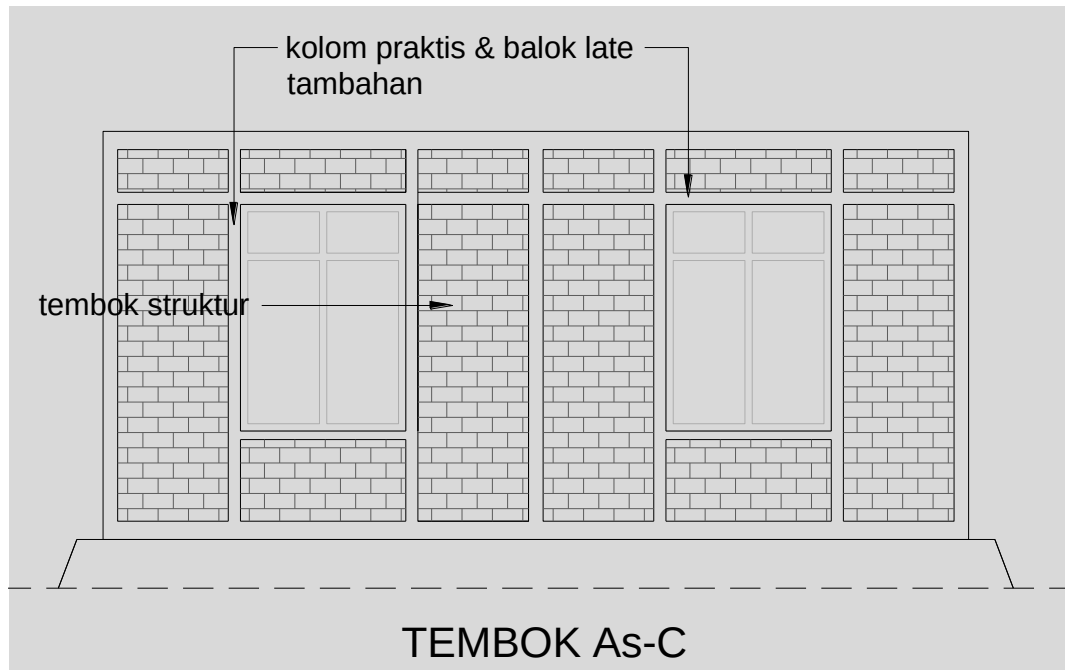
Bentuk bentuk perkuatan dilakukan dengan memperhatikan ada/tidaknya bukaan, posisi bukaan serta aspek fungsional dan estetikan bangunan. Berdasarkan pertimbangan ini maka prinsip perkuatan akan dilakukan sebagai berikut:

- 1) Penambahan kolom praktis dan balok lantai pada bidang tembok yang memiliki bukaan jendela dan pintu.
- 2) Penambahan balok lantai pada bidang tembok dalam tanpa bukaan yang memiliki luas lebih dari yang disatukan.
- 3) Pada bidang tembok yang tidak dapat dikembangkan menjadi elemen struktur, cukup diperhatikan aspek pendetailannya agar tidak mengalami kerusakan yang bersifat destruktir pada saat mengalami gempa kuat

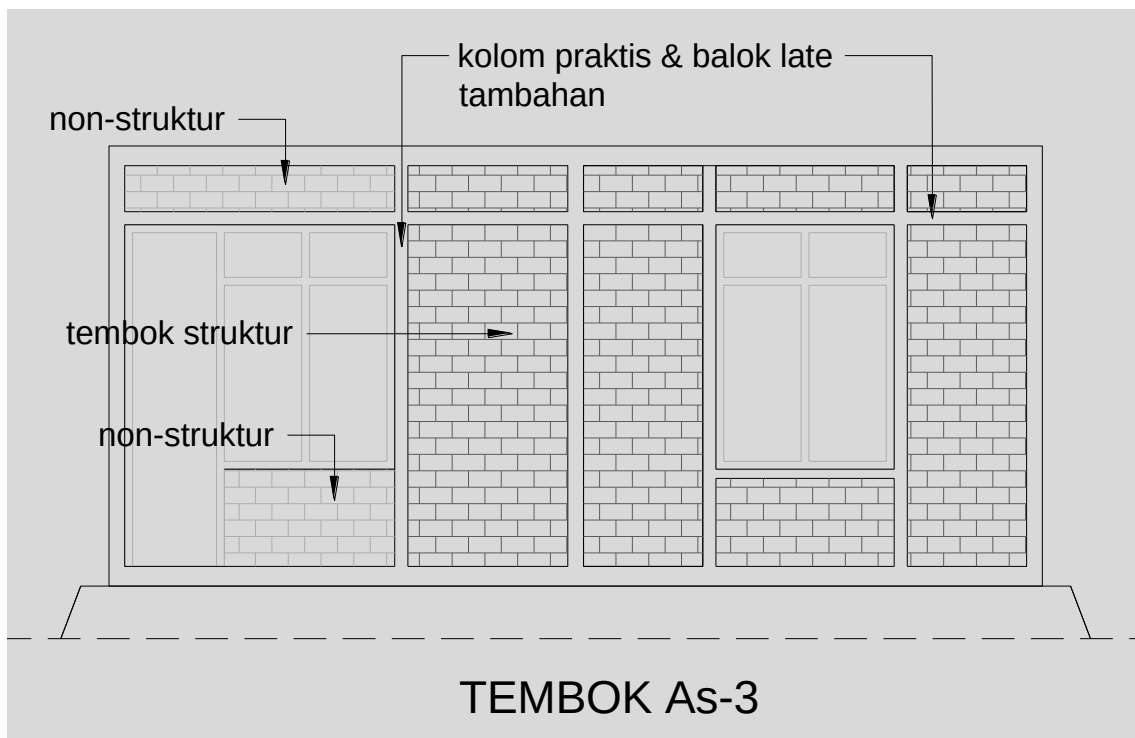
Dengan konsep perkuatan tersebut di atas maka alternatif perkuatan struktur bangunan dapat dilakukan seperti yang disajikan dalam gambar 4.34 sampai dengan 4.39. Sehingga bidang tembok yang berfungsi struktural seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.40.



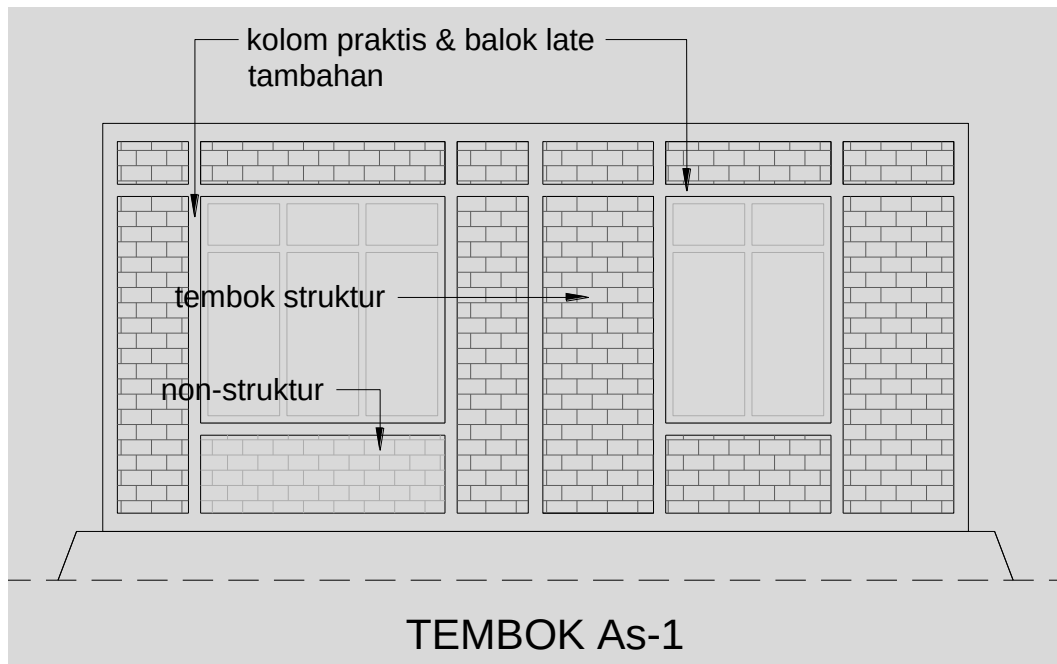
Gambar 4.34 Bidang tembok struktur pada As-A



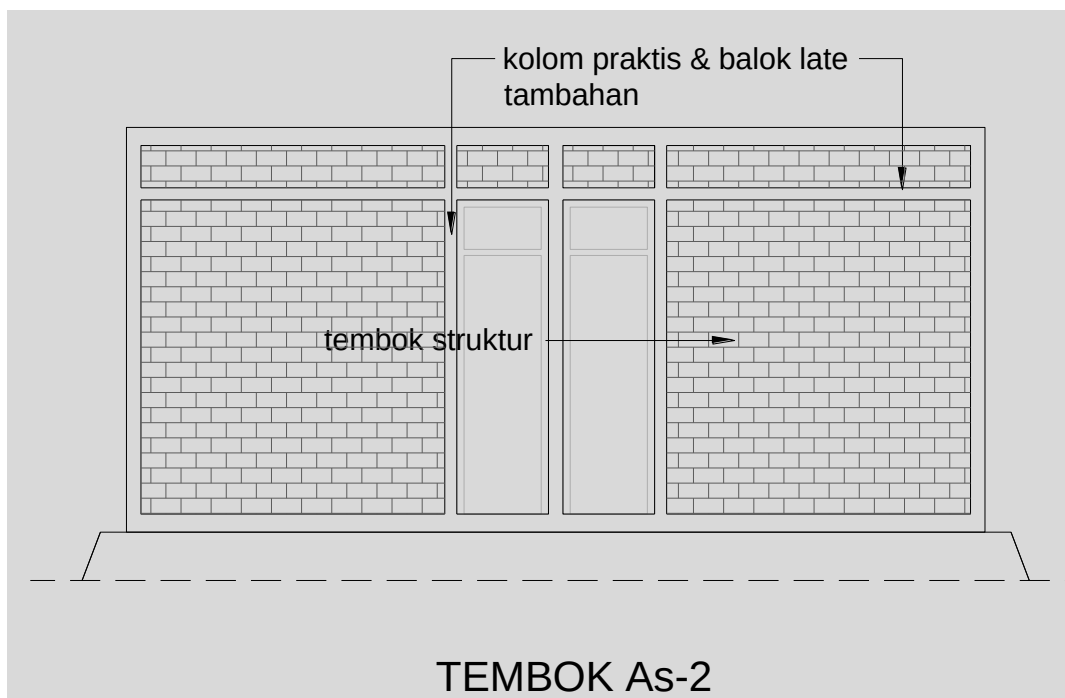
Gambar 4.35 Bidang tembok struktur pada As-C



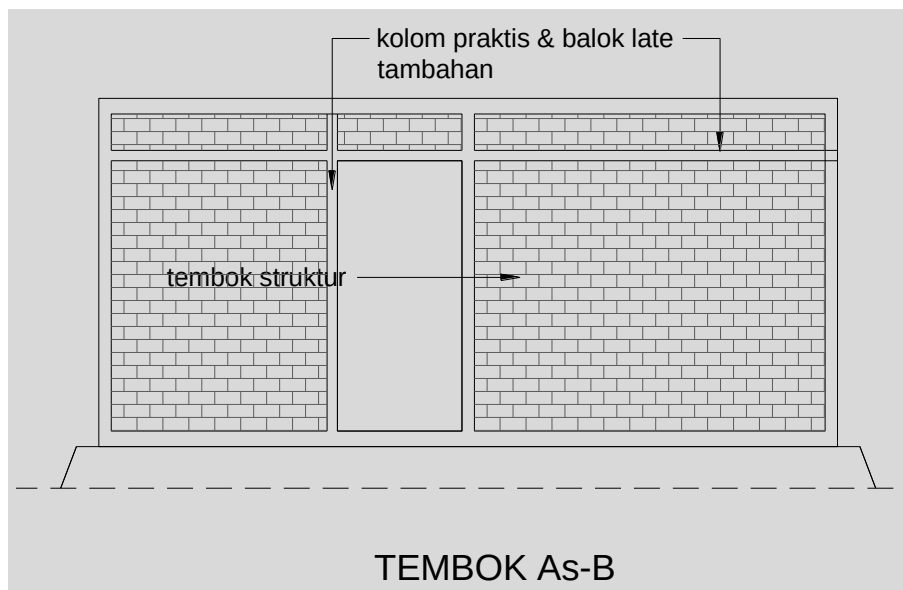
Gambar 4.36 Bidang tembok struktur pada As-3



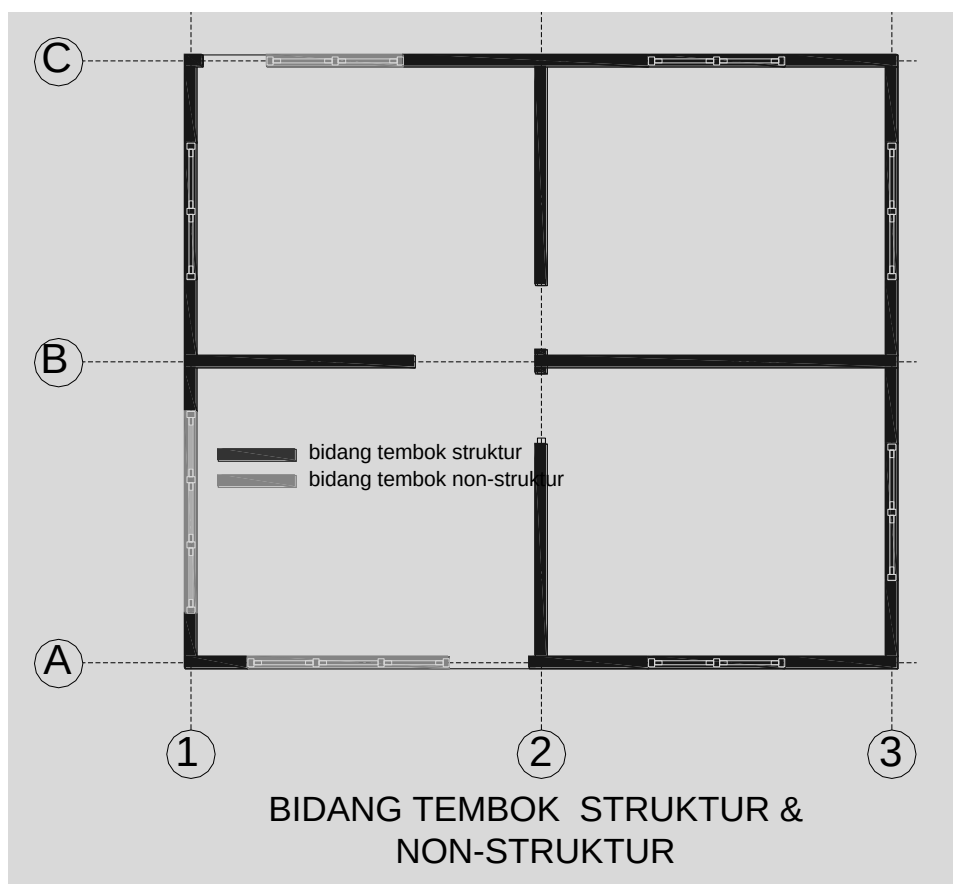
Gambar 4.37 Bidang tembok struktur pada As-1



Gambar 4.38 Bidang tembok struktur pada As-2



Gambar 4.39 Bidang tembok struktur pada As-B



Gambar 4.40 Lay-out bidang tembok struktur dan non-struktur

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Kajian Sistem Struktur Rumah Tembok Sederhana (Non-Engineering Structures) di Kota Kupang merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kelemahan dan kelebihan aplikasi teknologi rumah sederhana tahan gempa yang berkembang di tengah masyarakat kota Kupang. Penelitian ini mengambil lokasi di Kelurahan Penfui Kota Kupang. Lokasi ini dipilih karena daerah ini merupakan daerah yang sedang berkembang di kota Kupang karena itu kegiatan pembangunan rumah tinggal tergolong tinggi.

Dari penelitian yang dilakukan terhadap 12 sampel bangunan, diperoleh beberapa kesimpulan penting sebagai berikut:

1. Para tukang dan juga pemilik bangunan umumnya sudah cukup memiliki pengetahuan tentang bahan bangunan, khususnya agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan besi beton. Kelemahan yang masih ditemui adalah dalam hal-hal teknis seperti: gab-grading pada agregat kasar, kebersihan dan kadar lumpur yang relatif tinggi pada agregat halus, kandungan lumut pada air, serta diameter tulangan utama untuk kolom dan balok yang sebagiannya belum memenuhi persyaratan.
2. Para tukang umumnya sudah menguasai bagaimana memasukan jumlah air yang tepat untuk mendapatkan adukan yang mudah dikerjakan baik untuk pekerjaan pasangan maupun untuk pekerjaan plesteran. Namun proporsi campuran yang tepat untuk mendapatkan mutu adukan tertentu belum dikuasai dengan baik, khususnya dalam menentukan rasio campuran antara semen berbanding agregat halus.
3. Walaupun pekerjaan beton bertulangan sudah sangat familiar bagi para tukang, namun pengetahuan akan proporsi campuran yang tepat, pengaruh rasio air – semen terhadap mutu beton, dan konsistensi pengendalian proporsi material belum dikuasai dan mendapat perhatian yang cukup.
4. Detail konstruksi beton bertulang secara keseluruhan masih sangat lemah. Kelemahan-kelemahan yang dominan adalah: panjang pengakuran kolom-pondasi yang sangat

minim, tidak tersedianya panjang penyaluran tulangan sloof dan balok ke dalam daerah join, serta jarak sengkang yang umumnya lebih dari 15 cm.

5. Secara keseluruhan bangunan-bangunan yang ada hanya efektif memikul beban gravitasi. Dengan kata lain system pemikul beban lateral tidak tersedia. Kelemahan yang dominan adalah: tidak adanya angkur antara kolom dengan tembok, bukaan dinding (jendela) yang umumnya melampaui 10 % dari luas bidang tembok, tidak tersedianya rangka pengaku bukaan, masih ditemui luas bidang tembok khususnya tembok luar bangunan yang lebih dari 7.5 m², serta mutu pasangan dan plesteran yang melebihi 1sm: 5 psr. Namun dengan melakukan penambahan kolom praktis, balok late dan angkur (tanpa merubah konfigurasi tembok/bukaan), maka umumnya bangunan-bangunan tersebut sudah memiliki sistema struktur pemikul beban lateral yang memadai.

5.2. SARAN

Memperhatikan kesimpulan – kesimpulan di atas maka penulis menyarankan:

1. Perlu dilakukan sosialisai bangunan tahan gempa kepada masyarakat dan khususnya kepada para tukang.
2. Kegiatan sosialisai tersebut dapat dikembangkan melalui kerja sama antara perguruan tinggi dengan pemerintah setempat (Dinas Pekerjaan Umum serta Dinas Tenaga Kerja dan Transmigrasi)

Referensi

- 1) Shri Ghansham Bansal; "Concrete Technology" Indian Railways Institute of Civil engineering, October 2007.
- 2) Anand S Arya, "Non-Engineered Construction in Developing Country – An Approached Toward Earhquake Risk Reduction", Proceeding 12 th Wold Conference on Earthquake Engineering, 2000
- 3) International Association of Earthquake Engineering, Manual for Earthquakr Resistant Design (For Non-Engineered Structures), National Information Center of Earthquake Enineering,
- 4) Teddy Boen, "Earthquake Resistant Design of Non-engineered Building in Indonesia", EQTAP Workshop IV, Kamakura December 3-4 2001
- 5) Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung, Depertemen Pekerjaan Umum 1983
- 6) Swandjojo siddiq; "Bangunan Tahan Gempa Berbasis Standar Nasional Indonesia";
- 7) Standar Nasional Indonesia; "Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, SNI 03-1726-2002"; Badan Standarisasi NASional Indonesia 2003
- 8) Standar Konstruksi Bangunan Indonesia; "Pedoman perencanaan ketahanan gempa untuk rumah dan gedung, SKBI-1.3.53.1987"; Yayasan Badan Penerbitan PU, 1987
- 9) Rani Hendrikus dan A Richardson; "Pola Kerusakan Bangunan Akibat Gempa. Studi Kasus Gempa Pantar-Alor 26 November 1987", Fakultas Teknik UNWIRA, 1988
- 10) Rani Hendrikus, dkk; "Pola Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Flores 1992"
- 11) Rani Hendrikus, dkk; "Pola Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Alor 2004"
- 12) Yehezkiel Ndun; "Kajian Sistem Struktur Pada Bangunan Regel Di Kecamatan Wolowaru Kabupaten Ende", Jurusan Teknik Sipil Unwira (2001)
- 13) Markus Ndoen; "Evaluasi Produk Perencanaan Bangunan Tidak Bertingkat Pasca Gempa Flores Tahun 1992 Di Kota Maumere"; Jurusan Teknik Sipil Unwira, (1999)
- 14) Hendrik Bean Betan; "Evaluasi Pelaksanaan Pendetailan Tulangan Di Lapangan Pada Bangunan Bertingkat Di Kota Madya Kupang"; Jurusan Teknik Sipil Unwira (1999)
- 15) Ferdinan Salmon Wologiri; "Kajian Sistem Struktur Rumah Tembok Di Kecamatan Wolwaru Kabupaten Ende", Jurusan Teknik Sipil Unwira, (2001)
- 16) Lay Mau Yakobus; "Evaluasi Gambar-Gambar Rencana Bangunan Bertingkat Di Kota Kupang"; Jurusan Teknik Sipil Unwira (1998)